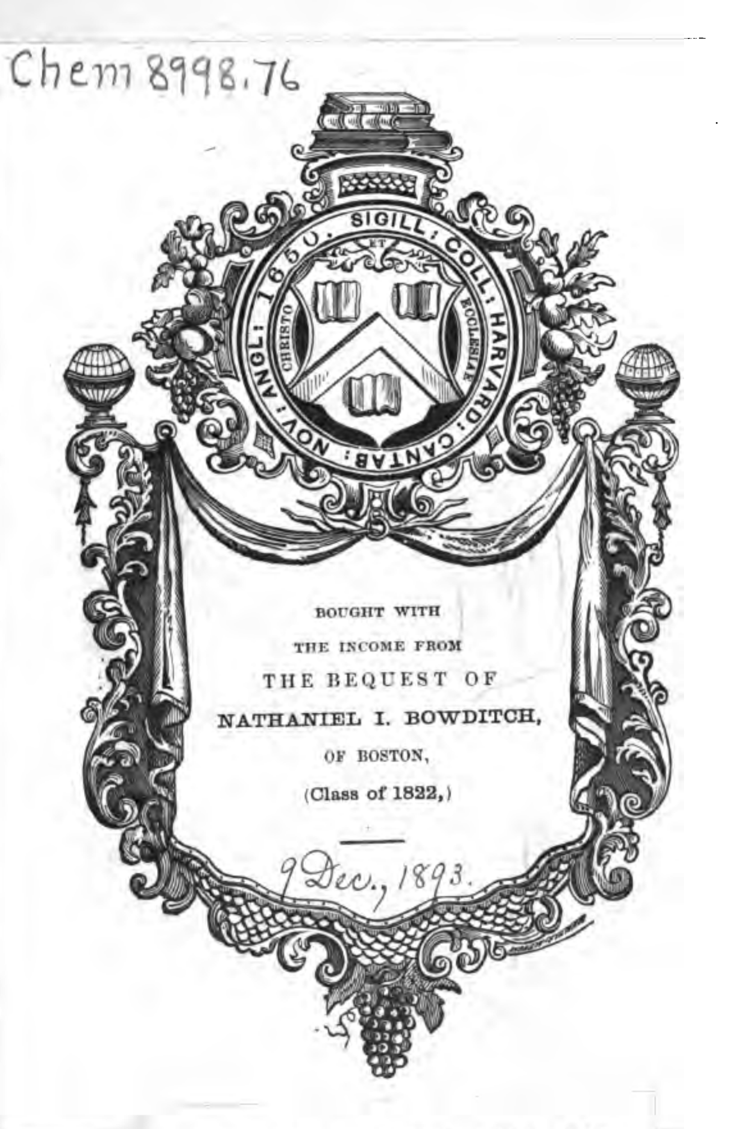



SIGILL : COLL : HARVARD : CANTAB : NOV : ANGL : 1650.
CHRISTO ET ECCLESIAE
BOUGHT WITH
THE INCOME FROM
THE BEQUEST OF
NATHANIEL I. BOWDITCH,
OF BOSTON,
(Class of 1822,)
9 Dec., 1893.

DIE

FEUERFESTEN THONE

DEREN

VORKOMMEN, ZUSAMMENSETZUNG,

UNTERSUCHUNG, BEHANDLUNG UND ANWENDUNG

MIT BERÜCKSICHTIGUNG DER

FEUERFESTEN MATERIALIEN ÜBERHAUPT.

VON

Dr. CARL BISCHOF,

Ehrenmitglied des deutschen Vereins für Fabrication von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement, Mitglied des Centralvorstandes des Gewerbevereins für Nassau, wie verschiedener gelehrter Gesellschaften.



Mit 4 lithographirten Tafeln und 95 Holzschnitten im Text.

LEIPZIG

VERLAG VON QUANDT & HÄNDEL.

1876.

SEINER EXCELLENZ

DEM WIRKLICHEN GEHEIMEN RATHE, OBERBERGHAUPTMANN A. D.

DR. H. VON DECHEN

IN GRÖSSTER EHRERBIETUNG

GEWIDMET

VOM VERFASSER.

VORWORT.

Von buchhändlerischer Seite wiederholt aufgefordert, aus dem sehr umfangreichen Gebiete der gesammten Thonwaaren-Industrie die feuerfesten Thone und Materialien und die daraus gefertigten Fabrikate als abgetrennten Zweig selbstständig zu behandeln, habe ich auf den folgenden Bogen der gestellten Aufgabe nachzukommen unternommen. Ausser auf die vorhandene einschlägige Literatur habe ich mich dabei auf mehr als Tausend eigene Thonuntersuchungen — abgesehen von vielen Sand-, Sandstein-, Quarz- und Graphitbestimmungen — gestützt.

Diesem speciellen Thema eine in sich geschlossene abgerundete Darstellung zu widmen konnte um so eher versucht werden, als erst wenige Jahre vergangen sind, seitdem der so lebhaft begrüsste „Abriss der Thonwaarenindustrie" von Bruno Kerl erschienen ist, welche bekannte, vielseitige, schriftstellerische Autorität mit grossem Fleiss das auf diesem Gebiete Erschienene zusammengestellt, sachgemäss geordnet und kritisch zu sichten begonnen und dadurch, besonders aber durch die sehr zahlreichen Citate eine Gesammtübersicht, wie sie bisher fehlte, möglich gemacht hat. Namentlich da, wo aus dem Kreise des speciell von mir in zahlreichen Aufsätzen schon länger bearbeiteten Gegenstandes herauszugehen war, besonders hinsichtlich der Thonbereitungsmaschinen, der Schlämmanlagen, der Brennöfen, habe ich das genannte Werk häufiger, mitunter selbst wörtlich benutzt, wie hinsichtlich der Glashäfen das Handbuch der Glasfabrikation von Gräger, was ich hier mit Dank gegen die Herren Verfasser und Verleger bekenne.

Aus neueren Werken, wie dem von Kerpely über die Anlage und Einrichtung der Eisenhütten, wurden einige der gerade in neuester Zeit zur Aufgabe gestellten Verbesserungen in der Einrichtung von bekannten mustergiltigen Thonwerken entlehnt, wie auch nicht unbeachtet blieben: Brongniart, Traité des arts céramiques 1845; Strele, Theorie und Praxis in der Fabrikation des weissen Feldspathporzellans 1868; Paulssen, die natürlichen und künstlichen feuerfesten Thone 1862; Wilken's Töpferei; G. von Werken, das Ganze der Ziegelfabrikation 1868; Wagner's Jahresbericht etc. — Besondere Erwähnung verdienen ferner die bekannten

keramischen Zeitschriften; in erster Linie das höchst inhaltreiche „Notizblatt des deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement", sowie die „Deutsche Ziegler- und Töpferzeitung", beide begründet von A. Türrschmiedt und jetzt sachverständigst und erfolgreich redigirt von Dr. Seger; die „Glashütte", redigirt von J. Fahdt in Dresden; der „Sprechsaal", redigirt von Fr. J. Müller in Coburg; die „Keramik", zusammengestellt in Trier, und unter den ausländischen der „Moniteur de la Céramique" etc.

Einem solchen eingehenderen Specialwerk war auf der einen Seite eine Ueberfülle von Material geboten und zwar in der weniger willkommenen Gestalt von buntem Nebeneinander in überaus ermüdender Wiederholung von stets von Neuem aufgewärmten oder nachgesprochenen Ansichten, wie in unbestimmten, vieldeutigen und unklaren Behauptungen, welche sich überall da einstellen, wo man über dunkle, geheimnissvolle Ursachen noch wenig hinausgekommen, die man oft noch räthselhafter zu erläutern sucht durch die Annahme absonderlicher, geradezu mystischer Vorgänge; — auf der anderen Seite dagegen machte sich eine grosse Dürftigkeit in wirklich praktischen, bewährten Angaben und aus der Erfahrung im Grossen geschöpften Ergebnissen bemerkbar.

Was ferner die wissenschaftliche Anbahnung auf dem in Rede stehenden Felde angeht, so ist sie eine noch zu junge, um ein systematisches Ganze in consequenter Durchführung in mehr als noch erst vereinzelten Punkten zu geben.

Wenn es auch mein Bestreben war, das Wesentliche einheitlich zusammenzufassen, wie überhaupt auf wissenschaftlicher Grundlage den leitenden Faden nicht zu verlieren, die Wiederholungen zu vermeiden, das Haltbare von dem Unhaltbaren zu sondern, das als sicher Begründete in den Vordergrund zu stellen, kurz kritisch zu verfahren und andererseits möglichst praktische, wirklich brauchbare Vorschriften zu bieten, so kann doch erst eine längere Zeit umfassenden und andauernden Durcharbeitens zum Ziele führen. Ich verknüpfe daher mit der Bitte um Nachsicht das dringende Ersuchen an alle Industrielle, mir Ergänzungen, Vervollständigungen, Berichtigungen (ganz besonders über Unbewährtes) möglichst eingehend im allgemeinen Interesse zukommen zu lassen.

Sollte so durch gütige Beihülfe Anderer, die mich zu grösstem Danke verpflichten würde, meinem ernstlichen Wollen das vollkommenere Vollbringen sich anschliessen, so würde eine wesentliche Förderung der Sache — wodurch überall das positive Wissen an Stelle des Wähnens treten möge — damit zu erhoffen sein.

Wiesbaden, im August 1876.

C. Bischof.

INHALTSÜBERSICHT.

Erstes Kapitel.

Vorkommen, Genesis, Eigenschaften, Eintheilung und Gewinnungsweise der Thone.

Zweites Kapitel.

Zusammensetzung der Thone.

Drittes Kapitel.

Untersuchung des Thones.

Viertes Kapitel.

Behandlung des Thones.

Fünftes Kapitel.

Anwendung des Thones.

DIE FEUERFESTEN THONE.

Erstes Kapitel.

Vorkommen, Genesis, Eigenschaften, Eintheilung und Gewinnungsweise der Thone.

Vorkommen des Thones.

Der Thon, französisch: argile f. und englisch: clay, oder die amorphe, wasserhaltige kieselsaure Thonerde, dieses nicht primitive Gebilde, sondern erdige zuletzt stabile Verwitterungsresultat, findet sich in sämmtlichen geologischen Epochen verbreitet. Als letztes wässeriges Ueberbleibsel der verschiedensten Gesteinzerstörung, erscheint derselbe in der Regel als chemisches Zersetzungs- wie mechanisches Zerreibungsprodukt zahlreicher, zusammengesetzter Gebirgsmassen, wenn auch nicht aller Gemengtheile darin, so doch derer, die nur in irgend einer Verbindung das Thonerde- oder Aluminiumsilikat enthalten. So ist letzteres ein Bestandtheil aller krystallinischen Feldspathgesteine und unter den sedimentären, seien sie alte, neue oder regenerirte Bildungen, hauptsächlich des Thonschiefers.

Der Thon kommt vor entweder in der primären und dann im Allgemeinen reinerer, doch beschränkter, durch vorherrschend chemische Processe bedingten Lage: im Urgebirge wie überhaupt den vielen ältern und jüngern Felsarten, welche Feldspath oder diesem ähnliche Mineralien führen; oder in sekundärer Ablagerung in ungemein grosser Mächtigkeit in allen zusammengeflössten Bildungen bis hinauf in die jüngsten Alluvionen und die allerneuesten heutigen

Thonabsätze in den Flüssen, welchen Thonen das gemeinsame Moment der Parallel-Struktur eigen ist. [1])

Struktur. — Beobachtungen beim Schlämmen der Thone, so nach Türrschmiedt im Schlämmkasten,[2]) lehren die Strukturverhältnisse näher kennen, wie sie Sand und Mineralstaub im Thon modificiren. Sand, Mineraltheile und Thonsubstanz werden nach der Schwere gesondert und zwar ersterer in einer frühzeitigern Ablagerung und nach der herrschenden Strömung hinausgestreckt. Dabei ist die Absonderung in Schichten und die Ausbildung einer planen Parallelstruktur um so vollständiger, je mehr Wasser zum Schlämmen genommen wird. Eine solche Struktur, welche mit der Richtung der Schichtung parallel läuft, finden wir im Allgemeinen bei den aus dem Wasser abgelagerten Thonen. Die Ablagerung zeigt dabei die Formen und Bewegungen in der Schichtung, welche mit gebogen, geknickt oder gefaltet bezeichnet werden, sowie durch geneigte Lage und Steigung herbeigeführte Ueberkippungen, Zerreissungen und Verschiebungen, Sattel- und Muldenbildungen, Ueberlagerung, u. s. w. Die im Schlämmapparate erhaltene Thonsubstanz zeigt ein flaseriges Gefüge.

Lagerungsstrukturen. — Der Thon oder mit Seger die Gruppe von Gebirgsbildungen, welche wir als Thone, Schieferthone und Thonschiefer kennen, findet sich [3]) in sedimentärer und sehr verschieden mächtiger Lagerung geschichtet, als Produkt kürzer andauernder, und unterbrochener, oder massig, als Folge lange Zeit andauernder, ununterbrochener Absätze. Es giebt massige Lager, bei denen keine Spur von Schichtung d. h. parallele Absonderungsflächen zu bemerken ist. Nur partienweise erscheint das Thonlager bald fett, bald mager, oder auch das nicht einmal; sondern in seiner ganzen Mächtigkeit von grosser Gleichmässigkeit.

Eine solche durchaus gleichmässige Beschaffenheit trifft man besonders bei den fetten Thonen an, und diese sind es, die überhaupt den Strukturcharakter am klarsten darstellen. Gewöhnlich zeigen dieselben in ihrer innern Textur eine sehr gleichförmige Masse mit fettig glänzenden Partien, theils sich ablösende, theils eigenthümlich eingedrückte und gewundene Glanzflächen, die sogenannten Rutschflächen, Quetschflächen und Spiegelflächen.

Oft sind die Schichten von sehr bedeutender Mächtigkeit, compact, von homogenem Ansehen; andererseits lässt sich eine parallele Durchbildung in den Schichten deutlich wahrnehmen. Sie

---

[1]) cf. Seger, Notizblatt des deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement, Jahrg. VI, S. 112 und folgende.

[2]) Notizbl. III, 220; V, 235.

[3]) cf. Türrschmiedt, Notizbl. IV, S. 347.

schwinden in ihrer Mächtigkeit dabei bis zu dünnen Blättern, deren Absonderungsflächen sich so nahe rücken und so minutiös werden, dass sie sich von Schieferung kaum noch unterscheiden lassen.

Zu den Thonen mit deutlich geschichtetem Charakter gehören nächst dem eigentlichen Thonschiefer, in einzelnen erweichten, sehr zersetzten und gebleichten Vorkommnissen, namentlich die Schieferthone, gleich dem Thonschiefer regenerirte, eingetrocknete Thone, sehr spaltbar, dünngeschiefert, feinblättrig, welche bald weich unter dem Namen Letten, bald hart und fest und nicht oder wenig plastisch, vorkommen.

Die Thonlager, die geschichteten wie massiven, sind nicht selten von oben bis unten von Rissen und Spalten oder Klüften durchsetzt.

Als besondere Erscheinungen sind anzuführen die häufig dem Thone unregelmässig einlagernden und dessen Gleichmässigkeit in der Bearbeitung so übermässig störenden Verballungen, Butzen, Knüppel und Körner, wie ferner die sogenannten Schluffsubstanzen, welche als meist kleinere Schichten bandartig den Thon durchsetzen und endlich verschiedene fremdartige Beimengungen, entweder sporadisch eingebettet oder als Gerölle und Sand abwechselnd lagernd.

Ferner trifft man Lagerungen an, bei denen der Habitus des Muttergesteins noch vorhanden und solche, die eine ganz ähnliche Gliederung wie Eruptivgesteine z. B. Basalte, parallelopipedische Absonderungen, quadrische, tesserale u. s. w. wahrnehmen lassen oder solche, wo man gleichsam mächtige Steinballen dem Thonlager eingefügt meint.

Constitution des Thones. — Nach den Untersuchungen von Aron [1]) ist dem Thone in seinen kleinsten Theilen eine kugelförmige Gestalt eigen. Unter den Mikroskop beobachtete Aron bei 760facher Vergrösserung in dem Thone von Grünstadt durchweg kugelige Gestalt, und wo grössere Zusammenhäufungen von Körperchen liegen, zeigte das Ganze einen fischrogenartigen Charakter. Die gemachte Beobachtung begründet derselbe weiterhin durch Berechnungen und gleichzeitig damit zutreffende Erklärung so mancher Erscheinungen bei den Thonen, so namentlich der Plasticität.

Aehnliche Beobachungen machte Ehrenberg im gebrannten Porzellan.

Kennzeichen des Thones. — Der Thon [2]) bildet eine feinerdige,

[1]) Notizbl. IX, S. 167.

[2]) Mit wissenschaftlicher Schärfe lässt sich nicht in wenigen Worten sagen, was Thon eigentlich ist, weshalb ich sogleich zu dessen Kennzeichen übergehe.

etwas fettig anzufühlende Masse von vorzugsweiser lichtgrauer, vielfach bläulicher, gelber, weisser, aber auch röthlicher und bräunlicher Farbe und dazwischen liegenden Nüancirungen. Er ist, besonders der thonerdereichere im Strich glänzend, desgleichen beim Reiben mit dem Fingernagel, gewöhnlich an der Zunge hängend. Seine Härte ist sehr gering, in der Regel = 1, das specifische Gewicht = 1,8 bis 2,2. Von Säuren wird er nur theilweise gelöst, von Schwefelsäure jedoch vollständig zersetzt.

Als charakteristische Kennzeichen sind bekannt:

Die plastische Formbarkeit durch Wasseraufnehmen, welches letztere bedeutend, auch für Oele. Mit dem Wasser werden auch die gelösten Stoffe mit eingesogen und beim Verdunsten mit seltener Energie zurückgehalten. Ferner zeigen die Thone eine aussergewöhnliche Wasserdichtigkeit („Wasserhärte") und beim Anfeuchten (Anhauchen) einen eigenthümlichen Geruch — welche Eigenschaften aber durch starkes Glühen und damit stattfindendem augenfälligem Schwinden, wie Hart- und Klingendwerden, verloren gehen. Zugleich wird damit die Unlöslichkeit in Säuren bedeutend erhöht, und erweicht die Masse in Wasser nicht mehr. Durch gelindes Glühen hingegen wird die Affinität des Thones gelockert, er wird aufgeschlossen. Unter allen kieselsauren Verbindungen ist die kieselsaure Thonerde die am meisten schwerschmelzbare.[1])

Vor dem Löthrohr rasch erhitzt, zerspringt der Thon und giebt sich zu erkennen resp. die Thonerde durch eine blaue Färbung mittelst Kobaltsolution.

Bestandtheile des Thones. — Der Thon, wie ihn die Technik verwendet, bildet immer ein mechanisches Gemenge verschiedener Theile. Im Wesentlichen, wie bereits gesagt, besteht er aus einem Thonerdesilikat, ferner aber enthält er mehr oder weniger feinen Sand, namentlich Quarzsand, wovon zu unterscheiden die eigenthümliche Masse, Schluff genannt, wie endlich die sogenannten Flussmittel: Eisen, Erden und Akalien, meist in Verbindung mit Kieselsäure.

Unter Schluff, dieser der Ziegelfabrikation bisweilen so höchst lästigen, ja gefährlichen Masse[2]), wird verstanden derjenige feine Sand, der zum Theil nicht körnig, sondern blättrig und so leicht und klein ist, dass er bei allen mechanischen Prüfungen sich den Thontheilchen gleich verhält.

Er ist ein feinst vertheilter Staub verschiedener Mineralien und

---

[1]) Nach Kerl nimmt man an, dass bei 2400° C. sich die Thonerdesilikate bilden.

[2]) cf. Notizblatt VII, S. 17 und folgende.

hat die Eigenschaften theilweise des Thones (besitzt eine gewisse Bildsamkeit) und theilweise des sich mürb brennenden Sandes.

Nicht unrichtig wird der Schluff als ein gewissermaassen unreifer Thon bezeichnet, bei dem die Mineraltheile noch nicht Zeit genug gehabt, um sich völlig in Thon umzuwandeln.

Für feuerfeste Zwecke macht eine grössere Menge Schluff einen Thon völlig unbrauchbar.

Eintheilung der Bestandtheile des Thons. — Die erwähnten Bestandtheile lassen sich ihrer mehr oder weniger innigen Verbindung nach eintheilen in eigentlichen Thon, kieselsaure Thonerde, in Accessorien und mechanische Beimengungen, wozu auch die zufälligen sich gesellen. Zu den Accessorien gehören die gänzlich nie fehlenden Flussmittel. Die mechanischen Beimengungen bilden der stets, wenn auch bisweilen nur in kleinen Mengen, vorhandene Quarzsand, der selten ganz abwesende Schluff, organische oder kohlige Substanzen, und zuletzt die zuweilen auftretenden: Glimmer, Schwefelkies, Gerölle, und darunter die seltenen oder zufälligen, z. B. Metalle oder Metallverbindungen, Titaneisen u. s. w.

Krystallisirte Thonerde und deren Verbindungen. — Die kieselsaure Thonerde als Mineralspecies treffen wir an in den krystallisirten Mineralien:

Andalusit, Disthen, Staurolith etc., und derb im Kollyrit, Scarbroct, Cimolit etc., weit umfangreicher aber in der Verbindung mit anderen Silikaten, welche letztere eben das allgemeine Ursprungsmaterial für die Thone bilden. So mit Alkalisilikat in den Feldspath- und Glimmerarten, mit den Silikaten des Kalkes, der Magnesia, des Eisens und Mangans in den Granaten, und mit den Silikaten von Kalk, Baryt und den Alkalien in den Zeolithen u. s. w.

Bildungsweise des Thones.

Nachweisliche Bildungsweise. — Verwittern diese Gesteine, d. h. fallen sie dem Wasser anheim, welches die feinsten Haarrisse aufsucht, zu Eis [1]) erstarrt, die Risse erweitert und im Verein mit

---

[1]) Die Wirkung des gefrierenden Wassers besteht nicht bloss in dem mechanischen Effect, in Lockerung und Sprengung, sondern, worauf Seger aufmerksam macht, in einer krystallinischen Massenanordnung, welche das Wasser bei seinem Uebergang in Eis bewirkt. Aehnlich wie beim Frieren wirkt beim Verwittern die Entstehung krystallisirbarer Salze, welche einmal durch chemische Bindung von Wasser ein grösseres Volumen annehmen, dann aber auch durch die Krystallisationskraft eine Sprenguug der Masse bewirken. Notizblatt VI, 110 und folgende.

Sauerstoff, Kohlensäure und Temperaturwechsel um so kräftiger wirkt, — so wird ganz allgemein je die Doppelverbindung aufgehoben, und es beginnt zuerst ein Auslaugen des kieselsauren Alkali, oder noch vollständiger, werden die Alkalien und alkalischen Erden in kohlensaure und damit einfache, oder mittelst der Kohlensäure lösliche Verbindungen, verwandelt. Wird weiter das Eisenoxyd reducirt und als kohlensaures Eisenoxydul fortgeführt, so bleibt als rückständiges Material: das Thonerdesilikat, wofür die endgültige Formel anzunehmen: — $Al_2 O_3 Si O_3 + 2 HO$ — das freilich nie vollkommen frei von den genannten Beimengungen, wie in der Regel einem grössern oder geringern Theil ungebundener Kieselsäure, das aber je nach dem Grade der vorgeschrittenen Zersetzung ein ungleich reineres, oder eigentlicher Thon ist.

Ein Verfolgen der zerstörenden Momente nur nach der mechanischen Seite, wie sie das Wasser zu Wege bringt, und dabei als Repräsentant, einestheils für die krystallinischen Gesteine den Granit, und anderntheils für die sedimentären den Thonschiefer angenommen, ergiebt in kurzer Darlegung folgende Hauptpunkte.[1])

Unter den drei Gemengtheilen des Granits: Glimmer, Feldspath und Quarz, ist ersterer weich, der Feldspath schon härter und der Quarz sehr hart. Der Quarz ist auch am schwersten angreifbar, hingegen der Feldspath am leichtesten.

In demselben Grade daher wie diese Mineralien zerreiblich sind, wird eine Wasserströmung Glimmer und Feldspath bereits zu Staub verwandelt haben, ehe es den Quarz nur grob zerrieb. Kommt zu dem mechanischen Zerreiben der chemische Zersetzungsprocess [2]), von welchen beiden Wirkungen wohl nie die eine ohne die andere stattfindet, so wird, während der Glimmer am Feinsten zerrieben wird, der Feldspath am Weitesten zersetzt und der Quarz konservirt sich zum grössten Theil als Sand in dem entsprechenden nassen Schutt, den wir nun als Thon bezeichnen.

Selbstverständlich sind die Eigenschaften des Produktes sehr verschieden, je nachdem eine der genannten Wirkungen vorherrschend und dasselbe reich an bindigem Thon oder im Gegentheil an wenn auch noch so fein zerstäubten Mineraltheilen ist.

Anders, dem Granit gegenüber, ist der Zerstörungsweg des Thonschiefers. Statt mit verschiedenen Gemengtheilen haben wir es hier vorzugsweise mit dem wechselnden thonigen Theil im Schiefer zu thun. Hier, und zwar bei den meisten Schieferarten,

---

[1]) Türrschmiedt, Notizbl. IV, S. 154.

[2]) Nach Fr. Mohr entsteht Thon einzig und allein durch die Einwirkung der Kohlensäure auf die Silikate.

hat das Wasser nur leichtes Spiel, um sie auf das Feinste zu zerreiben.

Beim Granit besteht das Gemisch mechanischer Zerreibungs- und Zersetzungsprodukte neben Sand aus Thonschlamm und Feldspathschlamm; dagegen beim Schiefer nur aus Thonschlamm und Thonschieferschlamm, womit, beiläufig gesagt, die meist bedeutend geringere Schwerschmelzbarkeit des letztern von vornherein erklärlich ist.

Die Verwitterung des Feldspaths [1]) und deren Veranschaulichung mit Hülfe der bekannten Formeln vermag die vor sich gehenden oder denselben ähnliche Processe recht gut zu verdeutlichen; wenn auch die Verwitterungsprocesse für die gemeinen Thone und die späteren Verwitterungsakte in den Thonen selbst der wissenschaftlichen Anfklärung noch sehr entbehren. Es gehört hierher, wie unter Anderm aus dem trocknen, kurzen Rohthon, sich das plastische, zur Fabrikation taugliche Material entwickelt.

Definirung des Bildungsweise mittelst chemischer Formel. — Der Feldspath ist ein Doppelsilikat von der Formel $Al_2 O_3 \, 3 Si O_3 + K O . Si O_3$, worin ein geringer Theil der Thonerde durch Eisenoxyd, das Kali theilweise oder ganz durch Natron, auch zum Theil durch Kalk vertreten sein kann. Die Zersetzung des Feldspaths erklärt sich am leichtesten, wenn man drei Aequivalente desselben in Rechnung zieht, wenn man also von der Formel:

$$3 \, Al_2 O_3 . 9 \, Si O_3 + 3 \, K O . 3 \, Si O_3$$

ausgeht, deren Elemente man sich so gruppirt denken kann:

$$3 \, Al_2 O_3 + 3 \, K O + 12 \, Si O_3.$$

Um in das Thonerdesilikat überzugehen, muss eine Spaltung dieser Verbindung statt haben in ein basisches Thonerdesilikat und ein saures Kalisilikat nach der Formel:

$$3 \, Al_2 O_3 . 3 \, Si O_3 + 3 \, K O . 9 \, Si O_3.$$

Theilen wir die erste Gruppe der Formel durch 3, so haben wir die des reinen Aluminiumsilikats im wasserfreien Zustande. Die zweite Gruppe der Formel ist ein Kalisilikat, welches in diesem Zustande in Wasser unlöslich ist, welches also, wenn keine weitere Zerlegung Statt fände, dem Thonerdesilikat beigemengt bleiben würde. Wird davon aber durch eine weiter gehende Zerlegung ein Aequivalent Kieselsäure abgegeben, so bleibt ein Kalisilikat von der Formel: $3 \, K O . 8 \, Si O_3$
zurück und dieses ist leicht löslich, wird also durch Wasser fort-

[1]) Derselbe erleidet bei vollständiger Umwandlung in Thon einen Gewichtsverlust von 55 Proc. oder 33 Proc. an Volumen, womit eine Lockerung des Gefüges nothwendig verbunden ist. cf. Seger l. c.

geführt, während das Thonerdesilikat nur noch zwei Aequivalente Wasser aufzunehmen braucht, um der obigen Formel zu entsprechen. Dass eine solche Spaltung des Kalisilikats stattfinde, ist durch mehrfache Erfahrungen sehr wahrscheinlich gemacht.

Es kommen in der Natur nämlich Verbindungen vor, deren Zusammensetzung der Formel: $3\,Al_2\,O_3\,.\,4\,Si\,O_3$ entspricht, worin also das aus dem Kalisilikat abgeschiedene Aequivalent Kieselsäure noch enthalten, während es aus andern schon hinweggeführt ist.

Nach Zincken findet in den Torfmooren der Jetztzeit die Bildung (Abscheidung des Thones durch Süsswassermollusken und Infusorien, sowie durch Conferven) Statt, welche sofort wieder verschwinden, wenn die Torfbilbung beginnt.

Translocirung der Thone. — Unter welchen gleichzeitigen Erscheinungen die verhältnissmässig sehr bedeutend häufiger eingetretene Ortsveränderung des resultirenden Thons vor sich gegangen und wie die betreffenden Absätze stattgefunden, ergiebt sich aus dem Bilde, welches uns die aufgeschlossenen Thonlager darstellen.

Entweder sind aus den Gewässern die Niederschläge der schwebenden Thontheilchen, die wir noch jetzt vor unseren Augen beobachten können, meist sehr allmählich, zuweilen in mächtiger Ausdehnung überraschend gleichmässig und rein erfolgt; oder andererseits finden wir den Thon zerstreute, unzusammenhängende, häufig inmitten fremder Schichten eingebettete Lager bilden, die bald aus Thon, bald aus Sand und selbst gröberm Gerölle, oder einem Gemenge von beiden nebst Detritus fremder Mineralien und anderen Beimengungen bestehen.

Einfluss des Transports und der begleitenden Umstände auf den Thon. — Dasselbe Mittel, das Wasser, hat in dem einen Falle reinigend und im andern ebenso verunreinigend gewirkt.

Die letztere durch Zwischenlagerungen gestörte, unreine Abscheidung, wozu auch spätere Infiltrationen kommen, bilden im Grossen und Ganzen die bei Weitem vorherrschende Regel.

So verschiedene Schlüsse über die Möglichkeit des Ursprungs des Thones, dessen Abkunft aus erhaltenen Resten des Muttergesteins [1]) bei übrigens gehöriger Vorsicht [2]), gemacht werden kön-

[1]) Als Muttergesteine für die sämmtlichen Thone führt Türrschmiedt hauptsächlich an: Glimmer- und Hornblendegneiss, Glimmer- und Urthonschiefer, alle Granite, Syenite, Chlorite und Talkschiefer, Grünstein und Ophieliten, Sandstein, Porphyr, Trachyt, Augit, Basalt, Lava, die Thonschiefer aller vorangehenden Formationen, alle Schieferthone und endlich die Thone selbst, sobald sie von einer Formation in die andere locirt werden.

[2]) Unmittelbar nachweislich ist das Muttergestein nur bei den Kaolinen, die darin übergehend vorkommen.

nen, und je nachdem das Stadium der Zersetzung des Thones mehr oder weniger vorgeschritten, oder auch derselbe gleichsam auf einer Zwischenstufe grösserer oder geringerer Zerstörung stehen geblieben, je nachdem der Transport unter günstigen (entmischend, separirend, concentrirend und auslaugend), oder ungünstigen (verunreinigend) Umständen Statt gefunden hat, so überaus verschieden ist die Beschaffenheit, die Qualität, wie der Umfang der Eigenschaften dieser natürlichen Ausscheidung.[1])

Eigenschaften des Thones.

Die Eigenschaften der Thone — dieses eigenschaftsreichen Materials, wie Seger bezeichnend sagt — zerfallen in physikalische und chemische, wovon erstere, welche sich auf den Zustand der thonigen Masse einschliesslich der näheren, accessorischen, wie zufälligen Bestandtheile und alle in der allermannigfachsten Weise auftretenden nicht chemischen Veränderungen beziehen, ganz zweifellos im Allgemeinen weit häufiger in Frage und Betracht kommen, als letztere.

Die chemischen Eigenschaften betreffen die Elementarbeschaffenheit des Thones, d. h. alle seine Bestandtheile in ihrem stofflichen Verhalten für sich, wie unter einander und anderen, chemische Umsetzungen bewirkenden Agentien gegenüber.

Schon Brongniart hat eindringlich und Türrschmiedt wiederholt auf die Bedeutung der physikalischen Verhältnisse hingewiesen und behaupten dieselben mit Bezug auf die technische Verwendung der Thone, und speciell alles Bearbeiten derselben, dass das physikalische Verhalten im ganzen Poteriefach eine ebenso und vielleicht noch wichtigere Rolle spielt, als wie das chemische.

In neuerer Zeit sind es namentlich Seger und Aron', die vom physikalischen Standpunkte aus auf das noch so vielfach Lückenhafte der bisherigen Forschung hingewiesen und auf die Vorzüge der physikalischen oder mechanischen Untersuchungsweise, und des Haupthülfmittels derselben, das Schlämmen, wodurch die Thongemengtheile eine relative Trennung erfahren, unablässig aufmerksam gemacht haben. Durch in hohem Grade werthvolle Arbeiten, speciell nach dieser Richtung hin, haben sie über einige noch sehr dunkle Punkte bereits glänzendes Licht zu verbreiten begonnen. Dem einen Extrem, dem bisherigen Ueberwuchern der chemi-

[1]) cf. die schon citirte sehr interessante Abhandlung von Dr. Seger, Notizblatt VI, 110, der Verwitterungsprocess krystallinischer Massengesteine und dessen Einfluss auf die Struktur thoniger Massen.

schen Bestimmungsweise gegenüber, ist damit der physikalischen Untersuchungsweise nur ihr gebührendes Recht widerfahren. Beide Arten der Untersuchung haben sich, wie die beiden Wissenschaften es bereits auf verschiedenen andern Gebieten gethan, mit einander zu verschmelzen und gilt als Ziel die Ermittlung des gegenseitigen Zusammenhanges zwischen den chemischen und physikalischen Vorgängen.

Im Allgemeinen: je mehr eine Fabrikation wie die Poterie und namentlich die der Ziegel, unter sich verschiedenartige und an allen möglichen Beimengungen reiche Thone verarbeitet, um so mehr ist den physikalischen Verhältnissen in erster Linie Rechnung zu tragen; je gleichartigere, reinere und physikalisch ähnliche Thone, wie z. B. die bessern feuerfesten hingegen zur Verwendung kommen, je mehr tritt die physikalische Untersuchungsart, abgesehen von einzelnen Ausnahmen, in den Hintergrund.

Die physikalischen oder auch mechanischen Eigenschaften. — Wir können dabei unterscheiden zwischen unmittelbar in die Augen fallenden und solchen, die oder deren Ursachen sich der direkten Beobachtung mehr oder weniger entziehen und daher einer ursächlichen Erklärung um so schwieriger zugänglich sind. Zur ersteren Art, welche in die physikalisch-mineralogische Beschreibung der Thone vornehmlich aufzunehmen sind, gehören im Allgemeinen: das Aussehen, die Färbung, der Glanz; Effloreszenzen, hornartiges Durchscheinen; das Anfühlen und Schneiden, das Korn, dessen Gleichartigkeit, Gestalt und Grösse und für die sonstigen Beimengungen deren Beimischung und Vertheilung, quantitativ oder qualitativ, ob in gröberm oder feinerm Zustande; in der Thonmasse: die Verballungen, Concretionen u. s. w.; ferner der Bruch, die Textur und Struktur. Unter der zweiten Art, die ein durchdringendes Eingehen mit Glück aufgedeckt, ist in den Vordergrund zu setzen: die Plasticität,[1]) womit eine ganze Reihe von Erscheinungen bald in engerer Verbindung steht, wie das Schwinden, Bindevermögen, die Cohäsion, Fettigkeit oder dem entgegengesetzt Magerkeit, oder in anderer Bezeichnung: lang, kurz; — bald in weiterer hygroskopischer Beziehung sich stellt, so die Wassersaugekraft, auch Capillarität und Porosität, die Annahme und Abgabe des Wassers und der Widerstand gegen dasselbe (wasserhart und wassersteif) — alles wichtige Momente einerseits für die Homogenisirung wie Bearbeitung und andererseits für das Trocknen, Verziehen, Reissen u. s. w., von Fabrikaten.

[1]) Der Thonwaarenfabrikant bezeichnet einen Thon als plastisch, wenn er mit wenig Wasser angerührt mittelst geringen Druckes zu dünnen Platten ausgedehnt, geformt und geschnitten werden kann, ohne zu zerreissen.

Die Plasticität und das damit zusammenhängende Schwinden oder die Bildsamkeit, d. h. die Fähigkeit des Thones mit Wasser einen beliebig formbaren Teig zu geben, diese bisher völlig räthselhafte Erscheinung gehört zu den wissenschaftlich und praktisch ebenso wichtigen wie höchst werthvollen Eigenschaften der Thone, welche etwa mit Ausnahme einiger wasserhaltigen Magnesiasilikate kein Silikat in dem Grade theilt. Die Plasticität ist eine den Thonen in sehr verschiedenem Grade zukommende Eigenschaft, die beeinträchtigt wird durch fremdartige Beimengungen, und die durch scharfes Austrocknen und durch Glühen vollständig verloren geht. So überaus schätzenswerth die Plasticität als ein Hauptbedingniss zum Formen der Masse ist, so bietet sie doch, wenn sie in sehr hohem Grade vorhanden, grosse Schwierigkeiten und Uebelstände dar, die beseitigt werden müssen.

Eine zu plastische Masse trocknet schwer und ungleichmässig. Die daraus angefertigten Gegenstände verändern beim Trocknen leicht ihre Form, werfen sich und reissen. Diese Nachtheile treten später beim Brennen noch mehr hervor.

Das Thonerdehydrat wie das Kieselsäurehydrat vermögen jene Aggregatform anzunehmen, die wir gallertartig nennen und womit diese Verbindungen die Fähigkeit erlangen, eine sehr grosse Menge Wasser aufzunehmen, ausserordentlich aufzuquellen und damit sandige oder erdige Pulver in reichlichster Menge einzuhüllen oder zu binden. Entfernt man dieses Wasser durch Trocknen, so schrumpft die früher kleisterartige Masse zusammen. Es tritt das Schwinden ein. Sowohl beim Trocknen des Thones an der Luft, als auch beim Brennen [1]) rücken die Thontheilchen einander näher und werden auch die begleitenden Gemengtheile zugleich mit zusammengezogen. Es erfolgt damit eine Vermehrung der Dichtigkeit und eine Verkleinerung der Oberfläche und der Capacität, des Inhaltes.

So verschieden die Plasticität und Schwindungsfähigkeit der Thone ist, welche man unstreitig dem wasserhaltigen Thonerdesilikate im Thone zuzumessen hat, und die, jedenfalls mit der Verwitterung wie mit längerem Einweichen in Wasser und vielleicht der Bildung von Thonerdehydrat [2]) zunimmt, so verschieden ist auch deren Wasseraufnahmefähigkeit.

Türrschmiedt sagt: „Die magern Thone sind zur Wasseraufnahme sehr bereitwillig und lassen leicht die gewünschte durchgängige Plasticität erreichen, die fetten verhalten sich dagegen sehr spröde. Plastisch gewordener Thon wird durch Bearbeiten weicher,

[1]) Dieses, je nachdem es ein mehr dichtes und loses, ist vornehmlich für den Fabrikanten feuerfester Erzeugnisse von Interesse.

[2]) cf. unten analysirter Normalthon, belgischer.

fetter Thon steifer. Sehr viele fette Thone zeigen eine Erscheinung, welche in der Praxis mit Wassersteife bezeichnet wird. Sind letztere nämlich mit einem bestimmten Wasserquantum erweicht, so haben sie keine Neigung, weiter hinzugethanes Wasser leicht aufzunehmen.

In so wassersteifem Zustande wird der Thon gewöhnlich in den Thonlagern angetroffen, ein Zustand, der die Aufnahme von Wasser nicht begünstigt."

Kurzes Wesen (Magerkeit) eines Thones rührt mehr von Schluff (unverwitterten Mineraltheilen) als Sand her; ein sandreicher Thon kann doch fett sein, dagegen ein schluffreicher ist es nie. Sand und Schluff zusammen modificiren wirklich die Fettigkeit und Magerkeit und lassen den Thon bald länger, bald kürzer erscheinen.

Nach dieser Vorausschikung der Erscheinungsweisen und der Wirkungen, welche die Plasticität zu Wege bringt, sind wir durch die verdienstvollen Forschungen von Aron[1]) in der günstigen Lage, über das Wesen und das Gesetz der Schwindung bestimmte Resultate folgen zu lassen.

Unstreitig weist auch Aron die Plasticität, und die damit in engem Zusammenhang zu bringende Schwindungsfähigkeit den wasserhaltigen Thonerdesilikaten im Thone zu, welche er durch Schlämmen in dem Apparat von Schöne sich so rein als möglich zu verschaffen suchte. Unterscheidend mit Brongniart gleichfalls zwischen dem Schwinden beim Trocknen, welches wesentlich physikalischer Natur, und dem im Ofenfeuer, beschränkte er vorerst seine Versuche auf die Beobachtung beim Trocknen, indem die sogenannte Thonsubstanz gewogen wurde, nachdem sie soweit angetrocknet auf eine gewogene Glasplatte gelegt, und mittelst zweier parallelen Schnitte eine bestimmte Länge thunlichst scharf abgemessen worden. Hierauf fand das Austrocknen bei einer allmählig bis zu 130° C. gesteigerten Temperatur Statt, bis das Gewicht konstant blieb; während von Zeit zu Zeit Gewicht und die entsprechende Entfernung der abgemessenen Marken, resp. das Schwinden, bestimmt wurde. So ergab sich das stetige Resultat, dass nicht etwa die Schwindung immer geringer wurde bis zur völligen Trockenheit, sondern dass das Schwinden schon früher aufhört.[2])

„Bis zu einem bestimmten Punkte entspricht die Schwindung genau dem Wasserverluste, dann aber macht sie plötzlich Halt und

---

[1]) Dr. Julius Aron: Plasticität, Schwindung und andere Fundamental-Eigenschaften des Thones bedingt die Form der Thontheilchen. Notizbl. IX, S. 167.

[2]) Seger sagte diese unerwartete Erscheinung bereits voraus. Notizbl. IX, S. 175.

zwar in dem Momente, wo die einzelnen Thontheilchen bei dem Vorrücken auf einander sich endlich gegenseitig berühren." Aron bezeichnet diesen Punkt als die „Schwindungsgränze" und unterscheidet zwischen dem bis dahin entweichenden Wasser als „Schwindungswasser" und dem später entweichenden als „Porenwasser" und nennt die Summe beider das „Gesammtwasser".

Dabei ermittelte Aron zugleich durch Berechnung, dass „die cubischen Schwindungen an einen Teig von Thonsubstanz gleich sind den Volumen des verdunsteten Wassers" und ferner die für die Technik so sehr gewichtigen Gesetze: „die Schwindung erfolgt nach allen Dimensionen in gleichen Verhältnissen und das Porenverhältniss am trockenen Thone ist constant, d. h. unabhängig von dem der ursprünglich im Teige enthaltenen Menge Wassers".

Für die Praxis ergiebt sich aus den Versuchstabellen Aron's: Je fetter ein Thon, oder je mehr Wasser er aufzunehmen vermag, und je mehr er dadurch an Volumen zunimmt, um so mehr schwindet er beim Trocknen; aber das Porenwasser nimmt damit nicht zu, respective es bilden sich — was von Bedeutung — bei den fetteren keine grösseren oder mehr Poren.[1])

Aus dem nahe gleich gefundenen Porenverhältniss bei mehreren chemisch wesentlich verschiedenen Thonen kommt Aron zu dem Schluss, wie oben bereits angeführt, dass dem Thone in seinen kleinsten Theilen eine regelmässige, und zwar eine kugelförmige Gestalt, eigen sei und unterstützt denselben schliesslich durch mikroskopische Beobachtungen wie Berechnungen.

Aron gelangt so zu folgender mechanischen Vorstellung des Vorganges bei der Plasticität und Schwindung.

In einem plastischen Thonteig haben wir „eine Menge in gleichem Abstande befindlicher, in Wasser suspendirter Kügelchen", die sich also das Gleichgewicht halten. „Dieser Abstand ist so gering, dass die Anziehungskraft der Kügelchen bereits erheblich ist, dass sich ferner ein System von Kapillarröhren bildet, das der Fortbewegung des Wassers durch Druck einen solchen Widerstand entgegensetzt, dass weder die Anziehungskraft der Kügelchen auf einander, noch der Niedertrieb derselben in vertikaler Richtung das Wasser durch die Röhren zu drängen vermag."

Die Plasticität „beginnt erst mit einer bestimmten Enfernung der Thonkügelchen" sich zu zeigen und hört auf „bei einem be-

---

[1]) Für die Fabrikation feuerfester Waare muss noch ergänzend die Beantwortung der Frage hinzukommen, wie verhält sich der fettere Thon im Feuer.

stimmten Abstande" derselben. Das Aufhören der Plasticität bei heftigem Trocknen des Thones beruht auf chemischer Veränderung, Verlust des Hydratwassers.

Bei den fettern Thonen dürfte, wenn man nicht eine reichhaltigere Menge annimmt, wogegen das constante Porenverhältniss spricht, eine mehr ausdehnbare Entfernung der Thonkügelchen und damit grössere Wasseraufnahme zur Erklärung dienen. Beim Schwinden „saugen die feinen Kanäle in dem Maasse, als das Wasser an der Oberfläche verdunstet, das Wasser aus dem Innern herauf, die Kügelchen nähern sich, in der ganzen Masse ihrer Anziehungskraft folgend um eben so viel, als Wasser zwischen je 2 Kügelchen entfernt ist, und dieser Process wird sich so lange fortsetzen, bis Kugel auf Kugel stösst und nur noch in den Kugelzwischenräumen Platz für Wasser (das Porenwasser) vorhanden ist.

Bei der Magerung des Thones „umhüllen diese feinen Kügelchen die unregelmässig geformten Körper".

Hinsichtlich einer Beeinflussung des Schwindens durch Zusätze fand Aron [1]) beim Versetzen geschlämmter Thonsubstanz mit abgeschlämmtem sehr feinen Sande, einem stark glimmerhaltigen Staubsande:

„Bis zu einem bestimmten Punkte nimmt bei progressiver Magerung eines Thones die Schwindung zu, wenn man von demselben Gesammtwassergehalt des Teiges in Raumtheilen ausgeht, und zu gleicher Zeit nimmt die Porosität ab." „Dieser Punkt heisse der Punkt der grössten Dichtigkeit der Masse. Von dem Punkte der grössten Dichtigkeit an wird durch weitere Magerung die Schwindung bei gleichem Wassergehalt in Raumtheilen wieder kleiner, die Porosität wieder grösser".

In derselben Weise bestimmte auch Aron [2]) die Schwindung, welche verschiedene gemagerte Massen im Ofenfeuer bei verschiedenen Temperaturen erfahren. Er fand, dass eine mit Quarzsand gemagerte Masse bereits bei Dunkelrothgluth, grösser ist, als im getrockneten Zustande, und dass von einem gewissen Punkte der Magerung ab eine solche Masse um so grösser wird, je stärker sie gebrannt wird."

Bei in gleicher Weise angestellten Versuchen mit kohlensaurem Kalk als Magerungsmittel erhielt Aron das Resultat: dass „der

---

[1]) Dr. J. Aron, Beitrag zur Aufklärung der Wirksamkeit der Magerungsmittel. Notizblatt IX, S. 339.

[2]) Aron, Ueber die Wirkung des Quarzsandes und des Kalkes auf die Thone beim Brennprocess. Notizblatt X, S. 131.

kohlensaure Kalk, in einer bestimmten Menge in feiner Korngrösse einem Thone beigefügt, die Schwindung im Ofenfeuer bis auf ein sehr geringes Maass herabsetzt, so dass damit zugleich den Scherben eine gewisse Unveränderlichkeit an Ausdehnung und Porosität innerhalb ziemlich weit auseinander gehenden Temperaturen gesichert wird."

Auf der Grenze, gewissermaassen zwischen den Eigenschaften physikalischen und chemischen Charakters stehen diejenigen, welche sich ergeben aus dem Verhalten der Thone bei zunehmenden Temperaturen, wohin bei geringern Hitzgraden das Hartbrennen und etwa das Garbrennen gehört, eine theils mechanische, theils chemische Wirkung mit einem dadurch herbeigeführten Gewichtsverluste des Hydratwassers und bei höhern Temperaturen bereits das Klinkern oder gar das Schmelzen. Mit dem Klinkern oder Beginnen der Schmelzung der Thone treten neue Verbindungen auf oder vollziehen sich rein chemische Processe, und ist daher die Schmelzbarkeit der Thone, resp. die Bildung neuer Verbindungen in das chemische Gebiet zu ziehen.

Chemische Eigenschaften im engeren Sinne. — Es gehören dahin die Erscheinungen, welche alle eintreten in Folge sich vollziehender chemischer Veränderungen im Thone oder in dessen Gemengtheilen, das Verhalten der Thone wie schon erwähnt im Feuer soweit als dadurch ein Verlust: Wasserausscheidung, Verflüchtigung, Verbrennung herbeigeführt wird und hauptsächlich wenn andere Verbindungen: Doppelsilikate oder mehr saure entstehen.

Bei der Anwendung im Grossen handelt es sich nicht blos um das Verhalten in einer reinen Hitze, welche überdiess eine an Intensität wie Extensität sehr verschiedenartige, eine verhältnissmässig geringe oder eine recht hohe, eine anhaltende oder eine mehr oder weniger veränderliche oder ganz unterbrochene sein kann; sondern es kommt in Betracht, welchen Widerstand die Thonmasse in der Hitze leistet gegenüber den Materialien und auch gelegentlich sich darbietenden Stoffen wie Glas, Schlacken, Metallen oder Metalloxyden, Salzbasen oder Salzen und ferner Aschen, alkalischen Dämpfen und reducirenden oder oxydirenden Einflüssen.

Ferner ist dahin zu rechnen das Verhalten der Thone gegen Reagentien wie Säuren, selbst Wasser in einzelnen Fällen, und sonstigen in der analytischen Chemie gebräuchlichen.

Als Mittel zur Erkennung der chemischen Zusammensetzung bedient man sich der Analyse.[1]

---

[1] Ihre Ausführungsweise findet sich weiter unten beschrieben.

Die Analyse ermittelt die Bestandtheile wie accessorische Gemengtheile des Thones und leitet aus deren Vorhandensein und ihrer grössern wie geringern Menge ein bestimmtes Urtheil über seinen Werth ab. Sie stellt den chemischen Charakter des Thones fest sie darf sich aber nicht darauf beschränken, *einzig und allein* die relativen Mengen von Kieselsäure, Thonerde und der übrigen Bestandtheile zu bestimmen, sondern sie muss weiter gehen und herausfinden, wo und in welcher Verbindung die Einzelbestandtheile sich befinden, z. B. welche Menge der Kieselsäure in chemischer Verbindung, welche mechanisch beigemengt; sie muss beachten, ob darunter ausser Quarz andere Mineraltrümmer, welche, wenn sie in grösserer Menge oder als Mineralspecies zu erkennen sind, *für sich bosonders*, sei es mineralogisch mit Loupe oder selbst mit Mikroskop oder chemisch zu bestimmen sind. Sie hat zu achten auf einen etwaigen Gehalt an Thonerdehydrat, hat Beimengungen wie Schwefelkies — kurz allen Reactionen, welche die quantitative Analyse nur in einiger Menge angiebt, eingehend nachzugehen.

Wenn so auch keineswegs *alle* die Eigenschaften eines Thonmaterials, welche für die Technik von Belang sind, zu erkennen sind, so wird doch die Analyse stets eine sehr dankenswerthe Führerin sein, die in Bezug auf Exactität der Methode immerhin die erste Stelle einnimmt.

Die Analyse gestattet in vielen Fällen ein ganz bestimmtes Urtheil zu fällen. So lässt das bedeutende Vorwiegen einer der Hauptbestandtheile, der Thonerde oder der Kieselsäure, bereits ganz bestimmte Schlüsse ziehen, oder ferner ergeben sich gewisse Eigenschaften unmittelbar aus der Nachweisung einzelner vorherrschender Beimengungen oder Verunreinigungen.

Ueber die pyrometrische Werthstellung eines feuerfesten Thones giebt sie im Allgemeinen und in der Regel vollkommen Aufschluss und vermag selbst Modalitäten grösserer und geringerer Feuerbeständigkeit zu begründen.

Aus den Zahlenverhältnissen der Analyse und schliesslich mittelst einer einzigen Zahl wird der Grad der Schwerschmelzbarkeit auf Grund der durch synthetische Versuche ermittelten Gesetze folgerichtig abgeleitet.

Ist auch die Polemik verdienstvoller Keramiker, wie Türrschmiedt, [1]) Seger und Aron, gegen die Analyse der Thone als

---

[1]) Türrschmiedt drückt sich in den drastischen Worten aus: „Die Analyse als Ganzes war ein lebloses Gerippe, was die Wissenschaft ehedem der Praxis reichte, und womit diese nur eben so klug blieb, als sie vorher war. Jetzt ist es anders. Wir wissen, was wir aus der Analyse ersehen können.“

Ganzes, d. h. ohne Rücksicht darauf, dass der Thon ein Haufwerk von verschiedenartigen Stoffen, — gegen die sogenannte en bloc Analyse, — oder eben so gegen die hier und da weiter gehenden doch nutzlosen „analytischen Exercitien" im Allgemeinen eine berechtigte, vollends wo es sich um unreine Thone, namentlich die Ziegelthone handelt, so darf man doch nicht so weit gehen wegen der zu wenig sachgemässen Ausführung die Analyse überhaupt gering achten oder gar verwerfen zu wollen.

Chamäleoncharakter des Thones. — Der Thon in seinem Chamäleoncharakter, der Bezeichnung Türrschmiedt's, thut sich daher ganz besonders durch einen ungeheuren Varietätenreichthum hervor, wovon derselbe Keramiker sagt: „vergeblich möchte sich die menschliche Zunge abmühen, ihn zu erschöpfen", und in der That, was für grundverschiedenen Stoff vom reinsten Kaolin bis herab zur thonigen Ackererde schliesst nicht der Begriff Thon ein!

Zur Veranschaulichung in gleichsam malerischer Weise der vor sich gehenden, wirklichen, natürlichen Verhältnisse unterlasse ich nicht, Türrschmiedt's [1]) eigene klassische Worte anzuführen.

„Wir kennen", sagt er, „die grossen quantitativen Differenzen in den Gemengtheilen der Urgesteine, die fast noch grösseren in der chemischen Beschaffenheit solcher Gemengtheile, eben solche Differenzen in der elementaren Zusammensetzung der jüngeren vulkanischen Gesteine, und, wenn wir sie alle, diese für den Gedanken kaum noch zu bewältigenden Massen, uns unter der Wirkung des Verwitterungsprocesses vorstellen, dessen Einfluss chemisch und mechanisch sehr verschieden sich bethätigt, so haben wir den vollständigen Begriff von der Materie, welche die Wissenschaft mit dem Namen Thon verbindet." „Wären die Muttergesteine immer von gleicher Beschaffenheit, wäre der Verwitterungsprocess immer derselbe, oder erreichte er immer das gleiche Stadium, so könnten die Thone einen gleichmässigeren Charakter gewinnen."

„Nun haben wir aber so viel Thone wie die Muttergesteine Varietäten aufweisen, und so viel Thonvarietäten als Verwitterungsprocesse denkbar sind, um ein Muttergestein in Thon zu verwandeln. Daher giebt es kein Thonlager, das dem andern absolut gleich wäre, die Haupteigenschaften stempeln es zu Thon, während die zahlreichen Varietäten von der Fabrikation zu beachten sind, da nach ihnen der Thon zu behandeln und zu bearbeiten bleibt."

So unleugbar der Varietätenreichthum, und zwar vor allen der der gemeineren Thone ein ausserordentlich grosser, namentlich soweit sie von dem Verwitterungsprocess, dessen Stadium wie

---

[1]) Notizbl. III, S. 219.

den begleitenden Umständen abhängig, wesshalb den betreffenden Fabrikationen eher zu viel als zu wenig Beachtung der Thonverschiedenheiten anzuempfehlen, ist doch für den eigentlichen, mehr reinen Thon das Verhältniss ein wesentlich günstigeres.

Für das letzte nach gleichen chemischen Gesetzen vollendete, wenn auch nicht absolut reine Endprodukt, ist in mehreren Fällen bereits eine überraschend grosse Gleichmässigkeit, ja fast völlige Identität nachweisbar, wie sie z. B. Thone aus der Steinkohlenformation, so in Schottland, am Rhein und in Schlesien, also in ganz bedeutenden Entfernungen unter sich zeigen, und so desgleichen bei nicht wenigen geschlämmten Kaolinen. Aehnliches gilt von so manchen sehr fetten feuerfesten Thonen.

Thonvarietäten. — Man kennt plastische, fette, magere, farbige, schiefrige Thone und solche, die irgend einen Bestandtheil vornehmlich enthalten oder auch mehrere und welche davon ihre Bezeichnung: alaun-, kalk-, eisen-, gyps-, salz-, kalk-, eisenhaltige, mergelige, specksteinartige, bituminöse und lehmige empfangen.

Beimengungen der Thone. — Ausser gröberen Beimengungen wie unverwitterte und zum Theil verwitterte Gesteintrümmer, Gerölle, Sand, Kalk und Muscheln, enthalten die Thone sehr häufig organische Reste, nicht selten Kohle, auch Harz hat man darin geunden, Glimmer,[1]) Feldspath, Schwefelkies, phosphorsaures Eisen, Titan, Vanadin, Gold und Cer in gelbem Thone Dänemark's.

Durch Beimischung von einzelnen dieser Substanzen, und namentlich von Kohle und Eisen (seltener Mangan) in seinen verschiedenen Verbindungen als Oxydul und Oxyd, ist die ursprünglich weisse Farbe der reinen kohlensauren Thonerde verändert oder missfärbt.

Die grauen, braunen, blauen, schieferfarbigen und schwärzlichen Färbungen, welche von organischen Beimischungen herrühren, brennen sich im Feuer bei hinreichendem Luftzutritt und geringem Eisengehalte völlig weiss.

Die rothen, gelben und bunten Färbungen, welche gleichartig oder als gefleckt, gesprenkelt, getüpfelt, geadert, geflammt, wolkig und streifig auftreten, rühren von Eisenoxyd und die grünlichen mit allen möglichen Missfarben von dem ungleich bunter färbenden Eisenoxydul her. Treten hierzu noch die durch kohlige Substanzen hervorgerufenen verschiedenartigsten helleren oder dunkleren Schattirungen, so erklärt sich mit Leichtigkeit der ausserordentliche, grosse Reichthum an Farbentönen und Nüancen, welchen uns die Thone zeigen.

---

[1]) Glimmer ist ein nicht seltener Begleiter des Thons.

Eintheilung der Thone.

Die Thone in allen ihren Varietäten sind einzutheilen je nach ihrem Vorkommen oder ihren Eigenschaften, welche letztere deren verschiedene technische Verwendung bedingen.

In geologischer Hinsicht lassen sich im Allgemeinen für die Thone zwei bestimmte grosse Hauptklassen unterscheiden, wie oben bereits angegeben, I. solche von primärer, ursprünglicher und II. solche von secundärer, sedimentärer Lagerung.

Thone primärer Lagerung. — Zu dieser Klasse gehören diejenigen, welche sich noch am Orte ihrer Entstehung in dem krystallinischen Urgebirge oder in Trümmern desselben abgelagert finden, welche in den ungeschichteten Felsmassen und in dem an diese sich anschliessenden krystallinischen Schiefergebirge, der Gneusformation, abgelagert vorkommen, hauptsächlich auf feldspathreichen, glimmerarmen Graniten, Porphyren und jüngern feldspathführenden Formationen. — Man bezeichnet sie mit dem Namen Kaolin.

Thone secundärer Lagerung. — Zu dieser zweiten, weit grössten Hauptklasse sind zu rechnen die weichen plastischen, eigentlichen Thone, welche durch Wasserfluthen von ihrem Ursprungsort weggeschwemmt wurden, sich dann wieder absetzten, in einer geschichteten Gesteinsfolge auftreten und daher erst mit der Uebergangsformation erscheinen.

Pyrometrische Eintheilung. — Nach der Reinheit d. h. der Freiheit der kieselsauren Thonerde von accessorischen Bestandtheilen [1]: den Flussmitteln, Sand und Schluff, deren Grad sich aus dem Verhalten im Feuer recht genau und scharf beurtheilen lässt — wesshalb denn eine pyrometrische Eintheilung, die im Allgemeinen mit der Genesis der Thone in einen gewissen Zusammenhang fallen dürfte, eine ebenso genügend einfache als durchschlagend scharfe Bestimmungsweise für sich hat — ordnen sich die Thone in drei in bedeutend steigender Progression an Umfang wie auch an Variabilität zunehmende Klassen.

I. Unschmelzbare Thone, welche, d. h. wovon die reinsten Varietäten in unsern gewöhnlichen Feuerungen oder in einer Temperatur, die bis zur Schmelzhitze des Schmiedeeisens geht, nicht schmelzen. [2]) Hierhin gehören die reinern Steinkohlenthone und

---

[1]) Diese Eintheilungsweise rührt bekanntlich von Brongniart her und wurde auch von Türrschmiedt versucht.

[2]) In den höchsten, künstlich hervorzubringenden Hitzgraden schmelzen sämmtliche Thone.

Kaoline, wovon die besten, den Feuerfestigkeitsquotient [1]) = 10 bis selbst 14 und vereinzelt noch höher erreichen.

II. Schwer schmelzbare Thone oder die sogenannten feuerfesten, oder feuerbeständigen, franz. argile refractaire ou apyre; engl. fire-clay, refractory (or apyrous) clay, welche einer hohen Temperatur oder wenigsteus heller Rothglühhitze längere Zeit widerstehen, ohne die ihnen gegebene Form wenigstens nicht wesentlich zu ändern, sei es durch Schmelzen, Aufblähen oder Weichwerden. Nach Brongniart ist der Begriff „feuerfest“ auf das Vertragen sehr ungleicher Temperaturen gewisser Steinzeuge und Porzellane zurückzuführen. In der Praxis lässt derselbe je nach Umständen und Bedarf einen sehr weiten Spielraum zu. Die feuerfesten Thone dienen nur nützlichen Zwecken und auch selbst da mit Vorzug, wo die Frage der Schwerschmelzbarkeit gar nicht in Betracht kommt.

Der Feuerfestigkeitsquotient dieser Thone beträgt bei den strengflüssigsten ca. 5 und sinkt hinab bis auf 1. — In der Praxis bezeichnet man in manchen, weniger an Thon bevorzugten Gegenden, bei den geringsten Ansprüchen die Thone schon als feuerfest, welche in den Kesselfeuerungen nicht mehr erweichen; bei höheren Anforderungen gilt als Norm die Hitze des Porzellanofens oder aus der Eisenindustrie als mässiger Grad die des Kupolofens und als höchster des Schweissofens.

Hierzu sind zu zählen: der Pfeifenthon, ein meist wohl transportirter, sehr reiner und gleichmässiger Kaolin, und die plastischen, eigentlichen Thone, resp. unter letzteren die bessern, d. h. bevorzugt reinern. Sie dienen zur Fabrikation von Pfeifen, Fayence, Steingut, Steinzeug und feuerfesten Fabrikaten.

III. Schmelzbare Thone. Der Feuerfestigkeitsquotient beträgt weniger als 1.

1. Töpferthone, welche plastisch sind, bei denen aber die Summe der Flussmittel eine beträchtliche ist, oder gleichzeitig das Verhältniss zwischen Kieselsäure und Thonerde zu Ungunsten der letzteren vorhanden, wenn auch sonst keins der Flussmittel in besonders vorwiegender Menge sich geltend macht.

2. Gemeine Thone, welche eine bedeutende Flussmittelmenge und meist auch andere, deren Varietät unter verschiedenen Benennungen bestimmende Beimengungen und Unreinigkeiten ent-

---

[1]) Siehe nachstehend in Kap. III die nähere Erklärung.

halten. Die jüngsten darunter sind die Lehme, das bekannte, verbreitetste Ziegelmaterial.

Zusammenstellung der bekannteren deutschen und bekanntesten fremden Thone nach den Formationen besonders der tertiären. — Die ausgedehntesten und gewichtigsten secundären Thon-Lagerungen finden wir in den tertiären Bildungen und in diesen wieder in der Braunkohlenformation. [1])

In den 7 grossen Braunkohlenbecken Deutschlands stossen wir überall auf reichliche Thonlagerungen, so dass die Angabe der Braunkohlenlager gleichzeitig die Fundstätten dieser Thone bezeichnet. [2])

Nach Leopold von Buch kennt man:

1) Das norddeutsche Becken, durch das ganze nördliche Deutschland, insbesondere Preussen, und durch Polen verbreitet.

Hierhin gehören fast sämmtliche Thone in Sachsen (Königreich und Provinz), in Ostpreussen, Polen und einem Theile von Oberschlesien.

2) Das niederschlesische Becken mit den Braunkohlenthonen in den Kreisen Bunzlau, Grünberg und Nimptsch.

3) Das böhmische, welches im nordwestlichen Böhmen drei abgesonderte Hauptbecken bildet, das obere, mittlere und untere Egerbecken und specieller mit den Thonen des Falkenau-Carlsbader, des Saatz-Aussiger und des Budweiser Beckens.

4) Das rheinisch-hessische mit den Thonen des Mainzer Beckens, denen von Salzhausen, am Vogelsberge und im vormaligen Kurhessischen.

5) Das niederrheinische Becken, insbesondere in der Gegend von Bonn zwischen dem nördlichen Abhange des Siebengebirges und der Sieg in beträchtlicher Mächtigkeit entwickelt — mit den Thonen bei Aachen, Düren, an der Sieg und denen des Neuwieder-Beckens.

---

[1]) Fr. Mohr erklärt das häufige Vorkommen von Thon im Braunkohlengebirge aus der hier so reichlich aufgetretenen Kohlensäureentwicklung. Die Thonbildung geschah lange Zeit nach dem Ablaufen des Braunkohlensee's als die Holzstämme in Vermoderung zugleich geriethen. Köln. Ztg. 21. Aug. 1865.

[2]) Der Verfasser, Notizblatt VIII, S. 211 und Dingler's Journal 206, S. 295, Berichtigungen und namentlich ergänzende Mittheilungen in Betreff jedweder gebauten oder bauwürdigen feuerfesten Thonfundstätte nehme ich mit dem grössten Danke entgegen, um im Interesse der Sache zu einem mehr vollständigen Ganzen zu gelangen. Ich erlaube mir dabei zu bemerken, dass daraus, dass eine Gegend einer bestimmten geologischen Epoche angehört, nicht folgt, dass der der Erdoberfläche nahe liegende Thon das Alter der Gegend theilt. B.

6) Das oberrheinische Becken zwischen Vogesen und Schwarzwald — mit den Thonen an der Haardt und in der Pfalz.

Nähere Fundorte der Thone, worunter alle reineren feuerfeste sind, sind in der Rheinprovinz:

Auf der linken Rheinseite Laurensberg bei Aachen, Luchersberg bei Düren, Call in der Eifel, bei Helenabrunn; an der Mosel: Drecknach; auf der rechten Rheinseite M-Gladbach, Vohwinkel, Altenkirchen, Uttweiler und Siegburg, Altenrath, Frechen, Niederpleis, Honnef; auf der linken Rheinseite Lannesdorf, Mehlem; Coisdorf, Ringen an der Ahr; Kruft, Plaidt; Kettich, Kärlich, Mühlheim bei Coblenz (bilden hier das unterste Glied der Braunkohlenformation); auf der rechten Rheinseite Heimbach, Weiss, Urbar bei Vallendar.

Provinz Hessen-Nassau.

Am Westerwald: Höhr, Grenzhausen, Ransbach, Baumbach, Ebernhahn (Zersetzungsproduct des Thonschiefers und der quarzitischen Masse desselben; gleichfalls als unterstes Glied der Braunkohlenformation), Wirges, Siershahn, Moschheim, Staudt und Dernbach etc. etc., Winkel; ferner bei Hadamar, Limburg, Herborn in einer Mächtigkeit von 12—20, ja 60 Fuss; Geisenheim, Flörsheim, Langenaubach und Breitscheidt (Walkerde.)

Möncheberg bei Cassel; Hirschberg und Steinberg bei Gross-Almerode, altbekannter feuerfester Thon, ausgezeichnet durch Mächtigkeit, 30—40 Fuss der Ablagerung, und Handel der weitverbreiteten Schmelztiegel. (Braunkohlenförderung daselbst schon seit 200 Jahren.) Epterode (Tiegelthon und blendend weisser Pfeifenthon.) Weikerode im Kreise Witzenhausen (feuerfester) und am Ahlberge (Töpferthon).

Bayern.

In der Rheinpfalz, Hettenleidelheim und Assenheim bei Grünstadt. Lautersheim und daselbst an verschiedenen Punkten der obertertiären Braunkohlenablagerung, worunter auch Kaolin, bis gegen Dürkheim hin.

In der Oberpfalz Stullen bei Naabburg und Sauforst unfern Burglengenfeld.

In Unterfranken Klingenberg bei Aschaffenburg. In Oberfranken bei Arzberg, Kirchenlamitz und Niederlamitz. Ferner bei Rittslein und Leimgrub unweit Passau; bei Bogen, Regensburg, Abbach; im ganzen Naabgebiete (feuerfester) bis ins Eger'sche; bei Schwarzerfeld (feuerfester) und Stüllen. Bei Finsing unweit Deggendorf (feuerfester). Schildorf bei Passau (feuerfester).

Württemberg.

Heidenheim (feuerfester).

Hessen-Darmstadt.

Wieseck, Leihgestern und Stammheim.

Im Braunkohlenlager von Salzhausen (plastische Thone). Bei Zell im Vogelsberge über der Braunkohle (Septarienthon).

In Westphalen.

Bei Höxter (feuerfester Braunkohlenthon). Burbach bei Siegen.

Sachsen-Gotha.

Rippersrode bei Arnstadt (plastischer Thon und Walkerde).

Schwarzburg-Rudolstadt.

Ueber der Braunkohle von Frankenhausen und Eperstädt (weisser, plastischer Thon, theils feuerfester).

Sachsen-Altenburg.

In der sächsisch-thüringischen Braunkohlenablagerung die Eisenberger Thone (feuerfeste). An der Peniger Chaussee (weisser). Bocka (Töpferthon). Oberlödla und Fichtenhainchen (weisser Thon).

Sachsen.

Feuerfeste Thone liefert Denkeritz, Groplitz, Roitsch unfern Lommatsch, Kaschka und Pulsnitz, und Waldenburg altberühmten Steingutthon. Ferner Kaditsch bei Grimma (blauer und weisser plastischer Thon). Borna bei Blumroda (Töpferthon). Ottendorf bei Chemnitz (desgl.). Bei Qualitz, Mirka und Karcha (feuerfester). Bei Meissen, Loshain, Mehren (plastischer, feuerfester). Lissen bei Osterfeld unweit Naumburg (feuerfester). Margarethenhütte bei Bautzen (feuerfester). Am Kummersberge bei Zittau (Töpferthon). Bei Markranstädt (feuerfester).

Provinz Sachsen.

Bei Edersleben und im Riestädt-Emsloher Becken (plastischer und theils feuerfester). Bei Holdenstädt, Kelbra (plastischer). Bornstädt (feuerfester). Querfurt (plastischer und weisser). Bei Asendorf (plastischer). Zwischen Bennstädt und Lieskau (plastischer und feuerfester). Oebles (feuerfester). Bei Aue (blauer, plastischer). Schmärdorf unweit Stössen. Runthal (plastischer). Aschersleben (weisser). Hornhausen (sehr fetter). Oschersleben (fetter). Hamersleben. Bei Bitterfeld (feuerfester). Bei Mochau (feuerfester).

Anhalt.

Im Cörmigker Braunkohlenlager bei Gerlebock (weisser und feuerfester). Mägdesprung bei Harzgerode (feuerfester im Silur).

Provinz Brandenburg.

In der Mark Brandenburg und der Niederlausitz Septarienthon an verschiedenen Stellen. Plastische Thone bei Ponsdorf, Elsterwerda, Guben.

Provinz Schlesien.

Bienitz im Kr. Bunzlau (weisser, plastischer). Laasan im Kr. Grünberg (dgl.). Poppelwitz und Wirschkowitz im Kr. Nimptsch (Töpferthon). Blumenthal bei Neisse (plastischer) und in Oberschlesien Goczalkowitz (plastischer). Ferner sind bekannt die feuerfesten Thone von Poremba, Cziatkowitz, Ruda, von Ingramsdorf bei Schweidnitz, Saarau bei Striegau, von Breslau, Bielschowitz, Kattowitz und Zalenze (Steinkohlenthon), und Mikultschütz und Bobrek bei Beuthen, Nakel und Glinitz bei Tarnowitz, Zedlitz bei Gleiwitz, die Thone von Gr.-Stein bei Gr.-Strelitz, Komprachizütz bei Oppeln und bei Brieg. In Polen Mirow.

Oesterreich.

Böhmen. Die nach Böhmen sich erstreckenden Zittauer Braunkohlen weisen an sehr vielen Punkten plastische Thone auf, z. B. im Egerer Becken zwischen Dobrassen und Klingen, feuerfester Thon von Wildstein, Koçin, Ribnitz, Zebnitz, Zichlitz, im Falkenau-Carlsbader Becken am Beckenrande bei Neugrün, Robesgrün, Josephgrün bei Wald (Töpferthon) in der Haberspirker Kohlenmulde. Feuerfeste, schieferige Thone in der Gegend von Elbogen und Carlsbad. In dem Saatz-Aussiger Becken, besonders in den unteren Schichten, so bei Leitmeritz, Bilin (von grosser Mächtigkeit), zwischen Kosten und Mariaschein u. s. w. Bei Priesen, Treschen unweit Bilin (feuerfester). Im Budweiser Becken bei Strakonitz (plastischer, theils feuerfester) und Neuhaus (Töpferthon). Ferner bei Theuberg. Kuchelbad wie Mezoun (Kreideform.) und andern Punkten bei Prag, und in der Herrschaft Wittingau (Tertiärform.).

Im Salzburgischen bei Wildshut unfern Laufen (feuerfester).

In Nieder-Oesterreich Ober-Fucha im Bez. Mautern (Neogenform.), bekannt unter dem Namen Göttweiher Thon. Krummnussbaum (Tertiärform.). Im Becken von St. Pölten bei Mautern an der Donau (feuerfester).

In Steyermark in der Braunkohlenablagerung von Windischgratz bis gegen Laibach an verschiedenen Punkten (feuerfester). Bei Leoben, Graden, Untergraden. Im südlichen Steyermark bei Petschounegg und Ossenitz (feuerfester). Bei Thurnau (feuerfester). In der Voitsberg-Köflacher Hauptmulde, wie in den beiden Mittendorfer Mulden (feuerfester). Bei Tüchern, Pulsgau an der Ostseite des Bacher (feuerfester).

In Krain bei Sagor (feuerfester); bei Kissouz unweit Lockach als Zwischenmittel der Braunkohlenflötze (feuerfester); bei Na-Kametz nächst Ratschach und im Moräutscherthal (feuerfester).

In Kärnten bei Prevali (feuerfester).

In Mähren bei Blansko an verschiedenen Punkten, Johnsdorf bei Krönau, Müglitz (Braunkohlenform.) und Brenditz Bez. Znaim.

In Ungarn von Bozan bei Ruszkberg (feuerfester).

Dänemark.

Insel Bornholm in der Kohlenmulde bei Kaarodde, Onsbäck und bei Wäldensby und Lösaa (feuerfester).

Auf der Schleswig'schen Insel Sylt (feuerfester).

Schweden.

In den Kohlenflötzen, die sich hinziehen von Höganäs bis Wallakra und in braunem Jura-Sandstein liegen, findet sich im Liegenden 6 Fuss mächtiger, schwarzer, feuerfester Thon überall wo ein Abbau stattfindet.

Grossbritannien.

In Devonshire in den Tertiärschichten von Bovey-Tracey bei Torquay unter Geschiebeschichten (Töpferthon).

Im nördlichen Schottland an der Mündung des Broraflusses im Brorakohlenfeld feuerfeste Thone in einer Mächtigkeit von 90 Fuss.

Auf den Farörinseln, Braunkohle einschliessend.

In der Kreideformation der Folkstone- und Yorkshirethon; in der Juraformation der Oxford-Bradford- und Kimmeridgethon.

Ferner feuerfeste Thone häufig in der Steinkohlenformation in England und Schottland bei Garnkirk unweit Glasgow, zwischen den Flötzen bei Gartsherrik, ferner bei Cowen, Wales, Derby, Stourbridge, Starmington, Newcastle, Tamworth und anderwärts.

Belgien.

In der Braunkohle nicht führenden Tertiärformation von Andenne unweit Namur im Uebergangskalk die bekannten, in allen Varietäten, vornehmlich in 5 Reihen von Navelin, Strud-Maiseroul (mit dem besten, bindendsten und strengflüssigsten), Ohey-Matagne und Filée, Tahier und Sorée, und von Schaltin vorkommenden feuersten Thone. Ferner Antragues bei Jemappes.

Frankreich.

Im Pariser Becken; im Dép. de la Marne, im Bernon-Gebirge (plastischer Thon, Braunkohle einschliessend). In den Kreidekohlenlagern der beiden auf Kalkstein liegend (Töpferthon).

Italien.

Bei Tatti und am Monte Massi die Braunkohle begleitend; ebenso im Val d'Arno. —

Von dem Vorkommen des plastischen Thones in älteren, unter den tertiären liegenden Formationen werden im Deutschen Reich: der Wealdenthon und viele Thonlager aus der Kreideformation, und zwar in sehr verschiedenem Horizonte, sehr häufig verwendet; aus dem Hils und Neokom zu Duingen im Hannoverschen; aus dem Cenoman bei Niederschönau, Dresden, Kostebaude, Lotta, Ober-Gorbitz, Strehla und Tetschen. Aus der oberen Kreide kommt der Thon von Tillendorf, welcher die berühmten Bunzlauer Geschirre liefert.

Im braunen Jura (Stufe mit Ammonites Parkensoni) wird feuerfester Thon gefunden in Oberschlesien, Zborowsky und Bozdanowice bei Landsberg, Umeln im hannover'schen Amte Ilten. Die Ablagerung auf dem weissen Jura, wie der rauhen Alp, gehören den tertiären aufgelagerten Schichten an.

Im Keuper findet sich Thon bei Coburg.

Angehörig der Steinkohlenformation wird zu feuerfesten Zwecken verwendet der Thon von Ruda, Poremba, Cziatkowitz bei Beuthen, und in Polen der von Mirow an der Weichsel, Grojece und Czielze.

Schieferthone aus derselben Formation, unmittelbar mit der Kohle vorkommend, finden sich wie in England in einzelnen schmalen und mächtigeren, aber alsdann unreineren Flötzen im productiven Kohlengebirge an der Saar bei Saarbrücken, desgleichen in Niederschlesien bei Waldenburg, wie in Sachsen im Plauenschen Grunde, und in Böhmen unfern Prag. Schieferthon wird zu Fayence verwendet aus dem Steinkohlengebirge bei Schramberg in Würtemberg.

Die vulcanisch-lavaischen Territorien zeigen an ihrer Basis Thonabsätze, welche aber viel älter als die Vulcane sind. Die oben bezeichneten Thone in der Gegend von Coblenz, Mülheim, Kärlich, Kettig sind mit bimssteinartigen Conglomeraten bedeckt, aber dennoch nachweisbar aus dem Thonschiefer des Unter-Devon (Coblenzerschichten) entstanden.

Aus verwittertem Grauwackensandstein sind hervorgegangen die Thone zwischen Duisdorf und Witterschlick (am Rhein).

Auch tritt plastischer Thon auf als Begleiter des Basaltes. So der pliocene Basaltthon, welcher die Braunkohle von Berstedt bei Wölfersheim bedeckt. Der Thon ist erfüllt mit Basaltkörnern.

Hingegen ist der Thon von Gross-Almerode, am Fusse des Hirschberges, des bekannten Basaltberges, entschieden tertiär, und hat mit dem das Thonlager unmittelbar überlagernden Basalt nichts zu thun.

Ein plastischer Thon, welcher bis auf 2½ Fuss Entfernung durch die ihn bedeckende Basaltmasse stängelig geworden („Stan-

genschwühl" genannt), findet sich im Vogelsgebirge bei Ettinghausen unweit Laubach.

In pyrometrischer Hinsicht lässt sich ganz im Allgemeinen von den besten Thonen der Flötzgebirge überhaupt sagen: je jünger die Lagerung der Thone, um so weniger gehören sie zu den schwer schmelzbaren. So sind die bestbekannten Thone der Torfmoore weniger feuerbeständig, als die der Braunkohlenformation, und letztere wieder stehen hinsichtlich der Strengflüssigkeit denen der Steinkohlenformation wesentlich nach; ja die der älteren Steinkohle sind vorzüglicher, als die einer jüngeren.

Die besten feuerfesten Thone, welche man überhaupt oder bis auf seltenste Ausnahme kennt, d. h. solche, die in Schmiedeeisen-Schmelzhitze unschmelzbar sind, liefern die bezeichneten vereinzelten Schieferthone der älteren Steinkohle.

Die paläozoischen Thone des Silur und Devon, welche gewöhnlich mehr beschränkte Anhäufungen am Ausgehenden bilden, gehören zu den weniger feuerfesten.

Dagegen sind die Thone des Urgebirges, worunter die der primären Lagerung, wenn sie nicht ausnahmsweise reich an fremden Beimengungen, zu den hervorragend feuerfesten Thonen zu zählen. Als solches Produkt der allermeisten Gesteine der ältesten Gebirgsformationen treffen wir bekanntlich den Kaolin an, der sowohl physikalisch wie chemisch, als auch pyrometrisch durch bestimmte Eigenschaften und Kennzeichen, wie weiter unten angegeben, charakterisirt erscheint.

Fundorte der Kaoline. — Neben den gewichtigen, bauwürdigen Vorkommen mögen hier für Deutschland die bekannteren und unter den fremden die bekanntesten aufgezählt werden.[1])

Preussen.

Morl, Trotha, Sennewitz und Gutenberg bei Halle.[2]) Zersetzter Porphyr. Material der Berliner Porzellanmanufactur. Bei Muldenstein 4—5 Fuss Kaolin, welcher wie der Kaolin bei Morl u. s. w. von Braunkohlen bedeckt ist und auf Porphyr ruht. Zwischen Dölau und der Saale unweit Lettin.

Die genannten Vorkommen dürften alle angeschwemmt sein; sowie von mehreren der nachfolgenden die Annahme primärer

---

[1]) Der Kaolin findet sich auch als Bindemittel von Sandsteinen an verschiedenen Punkten. Das bedeutendste Vorkommen ist im Buntsandstein auf dem Thüringer Walde. Vgl. v. Dechen, die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im deutschen Reiche, 1873, S. 762.

[2]) Man s. die Werthstellung verschiedener Kaoline vom Verfasser, Dingler's Journal, 1870, Bd. 198, S. 396.

Lagerung ausgeschlossen ist oder mindestens zweifelhaft erscheint. Ob der beigemengte Quarz, je nachdem er abgerundet oder vornehmlich scharfkantig sich zeigt, ein Kriterium abgibt, möchte nicht unwahrscheinlich durch eingehendere Untersuchung festzustellen sein. Saarau in Nieder-Schlesien.[1]) Strehlen und Tschirna im Reg.-Bez. Breslau.

Bayern.

In der Umgegend von Aschaffenburg (Spessart). Im Rhöngebirge bei Lieblos. Begleiter der Braunkohle. In Oberfranken Schwefelgosse, Brand, N.-Lamitz, Göpfersgrün. Letzteres Vorkommen ist entschieden ein sekundäres wie auch das im Fichtelgebirge am Steinberge und wird dennoch für Porzellan gebraucht. In der Oberpfalz Berntzhausen, Ehefeld und Schnaissenbach bei Amberg. Die bei Wegscheid, Rama und Auerbach in Niederbayern sich findende und durch Verwitterung von Gneiss entstandene wird gewöhnlich Passauer Porzellanerde genannt. Material der Fabrik zu Nymphenburg. Ferner Stollberg, Dierdorf, Oberedsdorf und viele andere Ortschaften in Niederbayern.

Sachsen.

Seilitz, Schletta und Kaschau bei Meissen. Bei Karcha zwischen Meissen und Nossen. Begleiter der Braunkohle. Sornzig bei Oschatz. Die Kaoline von Seiliz und Sornzig sind zersetzter Porphyr und Material der Meissner Manufactur. Bei Marka unweit Bautzen, Eibau bei Zittau (Begleiter der Braunkohle). Sosa bei Johann-Georgenstadt. Aue bei Schneeberg. Verwitterter Granit. Ist nahezu erschöpft.

Im Odenwalde findet sich Kaolin bei Reichenbach, Raidelbach und Reichelsheim.

Oesterreich.

Krummnussbaum in Niederösterreich; Neustift bei Mölk. Zettlitz, Neudau, Fischern, Münchshof und Giesshübl bei Carlsbad in Böhmen. Verwitterter Granit. Bei Brauerdorf und Windischgrün 36—80 Fuss mächtig über der Braunkohle. Ferner bei Rohlau, Buchau, Deutschkillmes; in kleineren Ablagerungen in und auf der Braunkohle bei Littmitz. Im Bezirk Petschau und bei Pilsen in Böhmen.

Freystritz in Steyermark.

Brenditz, Ruditz, Draubrowitz und Blansko in Mähren.

---

[1]) Man s. die Werthstellung der feuerfesten Thone vom Verfasser in Dingler's Journal, 1869, Bd. 194, S. 420.

Prinzdorf in Ungarn.
Sargadelos in Galizien.

Italien.

Bourgmanero und Tretto bei Schio.
Insel Elba. Chiesi.

Frankreich.

St. Yrieux bei Limoges. Zerstörtes Gneissgebirge. Louhossoa bei Bayonne. Pieux bei Cherbourg. Mercus (Ariège). Mende (Lozère). Chabrol (Puy-de-Dome).

Ferner Kaolin von Colettes bei Lalizolle in Algier.

Spanien.

Almanzor, Aloabdil und Alambra.

Portugal.

Oporto.

Grossbritannien.

St. Austell, Cornwall. Wird durch Auswaschen zersetzten zinnhaltigen Granits gewonnen. St. Stephens. Der cornish stone zu Tregoning-Hill bei Hellstone ist halb verwitterter Pegmatit.

Plymton (Devonshire).

Dänemark.

Bornholm.

Russland.

Risanski und Lochkarewska.

Finnland.

Orjervi und Serdobole.

China.

Tonykang und Sikang.

Amerika.

Wilmington und Newcastle am Delaware.

Natürliche feuerfeste Steine. — Die mit der Verwendung des feuerfesten Thones in enger Beziehung stehenden natürlichen feuerfesten Steine, welche bei dem Bau der Oefen für metallurgische Zwecke von grosser Wichtigkeit und ihrer Grösse wegen häufig den aus feuerfestem Thon gefertigten Kunststeinen vorgezogen werden, kommen gleichfalls in allen Formationen vor,[1]) ja in einigen, wie im Buntsandstein, ungemein häufig. Hinsichtlich leichteren Zerspringens stehen sie den Kunststeinen nach und bedürfen sie daher

[1]) Aus der Statistik des zollvereint. nördl. Deutschlands 1858 nebst eigenen Notizen. Siehe ferner v. Dechen, oben citirtes Werk.

eines sehr langsamen Anwärmens, wesshalb man sie auch mit feuerfestem Thon überzieht.

Wegen ihrer wenn auch nicht grössten Schwerschmelzbarkeit sind bekannt: die quarzigen, feinschiefrigen Talkschiefer im Gneus von Krummendorf im Kreise Strehlen (Reg.-Bez. Breslau), Sandstein aus dem untern Devon von Urbar bei Coblenz, von Müsen und Würgendorf im Kreise Siegen, Sandstein aus dem mittleren Devon oder Lenneschiefer von Marienberghausen bei Nümbrecht im Kreise Gummersbach (Reg.-Bez. Cöln), von Griesemert im Kreise Olpe (Reg.-Bez. Arnsberg), Sandstein aus dem Flötzleeren von Mühlheim a. d. Ruhr, aus dem obern Kohlengebirge: Stennweiler, Schiffweiler, Wemmetzweiler im Kreise Ottweiler; Steinkohlensandstein von Stolberg bei Aachen, der von Dortmund, welcher letztere 88 Proc. Kieselsäure, 8 Proc. eisenhaltige Thonerde und 4 Proc. Mangan, Kalk, Magnesia und Kohle enthält; aus dem Rothliegenden vom Kornberge bei Rotterode im Kreise Schmalkalden, von Vilbel im Grossherzogthum Hessen.

Der Keuper liefert feuerfeste Sandsteine in Würtemberg bei Esslingen und Heilbronn, der Neokom oder Hils bei Buke und Schwanei im Kreise Paderborn (Reg.-Bez. Minden), bei Beckerode im Hannöverschen, das oligocäne Trachytconglomerat bei Königswinter im Siebengebirge, woher auch Sandsteine, quarzitische Massen und Opal benutzt werden, und Basalttuff bei Grossschlottengrün im Landgerichte Waldsassen (Reg.-Bez. Oberpfalz); der bunte Sandstein aus der Umgegend von Schweinfurt und von der Rhön, mit 92—99 Proc. in Säuren unlöslichen Bestandtheilen. In Thüringen dienen die Kaolinsandsteine von Steinhaide zur Anlage von Hohofengestellen. Auch im Oberharze sind für denselben Zweck Sandsteine vielfach in Anwendung. Ferner ist der Sandstein in der sächsischen Schweiz, so von der Bastei, zu feuerfesten Zwecken gesucht.

Oesterreich.[1]

In Schlesien, Althammer, dient ein Quarzconglomerat als Gestell- und Schachtstein. Mähren, Sandstein von Unter-Lotha. Steyermark, Sandstein aus der alpinen Trias von Turrah. Zu Vordernberg thoniger Sandstein.

Ferner benutzt man Seifenschiefer bei Fohnsdorf, der jedoch nicht sehr schwerschmelzbar, wie desgleichen ein Talkschiefer von Hofgastein bei Salzburg.

Ungarn, Anina, Liassandstein und weniger schwerschmelzbar ein solcher von Resicza. Angewendet als Gestellstein werden

[1]) Aus Notizen von der Wiener Ausstellung 1873 wie theils dem Katalog d. k. k. geol. Reichsanstalt entnommen.

Miszbanger, Firizcer und Schemnitzer Sandsteine und ein Grauwackensandstein von Rhonitz.

In Galizien Quarzconglomerat von Ulstrone.

Puddigstein von Huy in Belgien, sehr hart aus Quarzgeschieben und Breccien bestehend, die durch ein kieseliges Bindemittel verkittet sind. In Gestalt grosser Blöcke dient er zu Hohofengestellen.

Als vorzüglich und feuerbeständig gelten die Sandsteine aus der Silurformation, deren man sich bei den Eisenhütten im südlichen Schweden bedient; der Sandstein von Salles in der Bretagne.

Gewinnung des Thones.

Die Thongewinnung geschieht, nachdem man sich von der Ausdehnung und Mächtigkeit des Thonlagers durch Schürfen, Anwendung des Erdbohrers [1]) Kenntniss verschafft hat, auf zwei- oder dreierlei Weise: entweder durch Tagebau oder regelrechten, bergmännischen Betrieb oder auch gewissermaassen mittelst einer Kombination beider Förderungsarten.

a) *Offener Tagebau.* Die völlig offene Förderung vom Tage aus, welche meist in Anwendung ist, wo die den Thon bedeckenden Schichten nicht zu bedeutende Abdeckarbeit [2]) erfordern, gewährt den Vorzug der meist saubersten und möglichst sortirten Herausschaffung. Man gräbt die den Thon überlagernde Erdschicht (den Abraum), oft nur die Dammerde ab, fährt sie bei Seite oder auf bereits ausgebeutetes Terrain, indem man überhaupt in einzelnen Abschnitten das Thonfeld in Agriff nimmt.

Sobald man auf den Thon gekommen, wird die oberste Schicht sorgfältig abgeschaufelt und entweder verworfen oder als geringere Sorte vernutzt, alsdann wird mit Schüppe oder Stecheisen wie Hacke oder Haue der Thon in regelmässigen, quadratischen oder länglichen, gleich dicken Stücken (Schollen) von annähernd gleichem Gewichte lagenweise, gewöhnlich unter Zufügen von Wasser abgestochen. Man richtet sich dabei nach der Länge der abgeräumten Fläche und nimmt der Breite nach jedes Mal so viel in Angriff, dass zwei Mann bequem Raum zum Abstechen des Thones neben einander haben. Voran schreitet man in vertikaler und horizontaler Richtung mit terassenförmigen Absätzen.

---

[1]) Ottiliae, Preuss. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 7. 224. Türrschmiedt, Töpferzeitung 1870 No. 2, 8; Werner, daselbst No. 5. 153.

Als sehr nützliches Instrument ist zu empfehlen der Bohlken'sche Erdbohrer, Nassauisches Gewerbebl. 1875, S. 22.

[2]) Verfahren bei der Abdeckarbeit, Ottiliae l. c. 8, 122.

Stösst man auf besonders zarte und fette Schichten wie andernseits auf sandige oder eisenhaltige Lagen und Nester, so ist es ein Leichtes, diese auszuhalten und abgesondert zu vernutzen, wie überhaupt eine genaue Sortirung inne zu halten.

Diese Gewinnungsweise findet Anwendung unter den rheinischen feuerfesten Thonen, bei denen von Urbar unweit Coblenz, dem von Lannesdorf bei Bonn, Niederpleis bei Siegburg u. s. w., dem von Oberkaufungen bei Cassel, von Grossalmerode, in den fiskalischen Gruben in der Faulbach und am Steinberg.

Auch unter den Kaolinen werden durch völliges Abdecken des Ueberlagernden gewonnen der Kaolin von Morl in Trotha bei Halle, Saarau in N.-Schlesien, Strehlen im Regierungsbezirk Breslau, der Kaolin in der Carclazegrube von St. Austel in Cornwall, in dem wahrhaft grossartigen Tagebau von 45,7 Meter Tiefe und von 2 Kilometer im Umfang auf der Höhe eines Gebirgsrückens.

b) *Kuhlenbau.* Hierbei schachtet man, doch nur wenn die Wände feststehen, Räume von 3 bis 6 Meter Seite aus und füllt diese dann mit dem Schutte des daneben liegenden Raumes aus.

c) *Reifenschachtbetrieb.* Ein Abbau des Thones, der, wo die Ausbeutung eine unregelmässige als Raubbau zu bezeichnen, nur mittelst Schächten, die bis auf das Lager geführt und dort behufs Herausholen des Thones mehr oder weniger ausgedehnt werden, ist die wohl noch am häufigsten gebräuchliche Gewinnungsweise, bei Teufen über 15—20 Fuss und in den belgischen Schächten bis zu 140 Fuss Tiefe. — So geschieht die Förderung der Nassauischen Thone bei Höhr und Grenzhausen und Umgegend mittelst runder, mit Reifen (Birkenstangenreifen, einer über dem andern) verbauter Schächte, welche durch die Dammerde und häufigen Kies- und auch Sandschichten hindurch, bis auf das in wechselnder Mächtigkeit bis zu 60 Fuss befindliche Thonlager abgeteuft und alsdann vor Ort, behufs ergiebigster Herausschaffung, soweit sie ohne Einsturz möglich ist, trichterförrmig ausgeweitet werden, soweit es die Festigkeit der Thonmasse gestattet. Der dadurch gewonnene Thon wird mittelst eines über dem Schacht aufgestellten Haspels in Kübeln heraufgewunden. Das Abstehen des Thons in länglich viereckige Stücke, lagenweise, regelrecht mit der Haue, geschieht in derselben Weise, wie beim völlig offenen Tagebau.

Ganz dieselben Einrichtungen finden an verschiedenen Förderpunkten des Thones zu beiden Seiten des Rheins in der Gegend von Coblenz Statt. So gewinnt man den Thon bei Mühlheim unweit Coblenz und verbaut daselbst die Schächte bis zu 80 Fuss Tiefe. Nachdem die Dammerde durchgraben ist, folgt die erwähnte sehr verbreitete Bimssteinsandschicht, unter welcher häufig alsbald

der Thon angetroffen wird in einer Mächtigkeit von 40 und selbst 60 Fuss.

Aehnlich wird der Thon von Schwarzenfeld bei Schwandorf in Bayern aus viereckigen, 20—30 Fuss im Quadrat haltenden, verbauten Schächten gewonnen, die nach geschehener Ausbeutung und thunlichstem Rückgewinnen der Verzimmerung wieder zugefüllt werden. Die weitern Operationen sind dieselben. Aehnlich findet auch theils die Thongewinnung bei Grossalmerode Statt.

d) *Kammernbau.* Anderwärts wie z. B. bei der Grünstädter-Hafenerde geschieht die Gewinnung vermittelst Schächten von 30 bis 80 Fuss Tiefe in ganzer Schrotzimmerung, wobei die wasserführende Sandschicht durch den das Dach des Lagers bildenden gelben fetten Thon abgedämmt wird, dann durch Strecken-, sogenannten Kammernbau, da der gelbe Thon des Hangenden meist sehr gut trägt. So wird vom Schachte aus, allmählig weitergreifend, eine Kammer von 12—16 Fuss Breite in der ganzen Höhe des brauchbaren, zwischen 6—13 Fuss wechselnden Lagers hergestellt, wovon die 3—6 Fuss starke, fetteste und reinste mittlere Schicht herausgeschlagen, und dieser Raum nur nothdürftig verzimmert wird. Sobald diese Zimmerung nicht mehr tragfähig, was gewöhnlich der Fall ist, wenn man auf diese Weise 30—40 Fuss vorwärts gegangen, wird das noch brauchbare Holz herausgerissen, worauf die ganze taube Masse allmählig bis zur Oberfläche nachstürzt.

Hierauf wird in den übrigen Schachtstössen nach und nach derselbe Abbau ausgeführt und nachdem so die ganze Umgebung des Schachtes abgebaut worden, wird letzterer verlassen, das Holz herausgerissen und in einer Entfernung von 30—40 Metern ein zweiter Schacht abgeteuft.

Der Thon wird bereits in der Grube vermittelst einer Art von Axt in ca. 1 Ctr. schwere, längliche, viereckige Stücke gehauen und kommt so in den Handel.

e) *Reifenschächte mit söhligen Strecken. Gewinnungsweise der belgischen Thone.* Auch für die zum Theil pyrometrisch so gewichtigen, meist höchst fetten belgischen Thone sind die eigenthümlichen Lagerungsverhältnisse in abgeschlossenen elliptischen oder runden Mulden, auch Trichtern im Uebergangskalke derartig, dass eine ähnliche Gewinnungsweise in Gebrauch ist. In der Regel liegt der Thon auf einer Sandschicht und geht nach oben hin allmählig in gewöhnlichen Ziegelthon über.

Die runden, 1 Meter weiten Reifenschächte behufs der Gewinnung der verschiedenen Thone führt man so nahe wie möglich zur Seite der Thonmulden bis in den Sand nieder.

Von den Schächten aus treibt man verzimmerte sich treffende Stollen, wodurch auch der Wetterzug hergestellt wird. Zuerst nimmt man so die oberste Thonschicht hinweg und geht successive immer weiter zum Liegenden der Thonmulde nieder.

Die Gewinnungstrecken haben etwa 1 Lachter Höhe und Breite, und werden von dem Punkt, wo man den Thon erreicht, quer durch die Lagerstätte getrieben, entweder bis zur Grenze derselben, oder, bei zu grosser Länge, so weit als die Gewinnung mit Vortheil geschehen kann, während man dann den übrigen Theil von einem neuen Schachte aus gewinnt.

Hierauf treibt man zu den Schächten zurückkehrend, neben der ersten eine zweite Strecke u. s. w. Ist so der Thon in einer Etage gewonnen, so setzt man die nächsten 10 Fuss unter der vorigen an. Beim Verzimmern der Strecken wird eine Schicht Thon von 3—4 Fuss angebaut. Beim Treiben der Nebenstrecken nimmt man das Holz so viel als möglich weg und lässt die alte Strecke zu Bruche gehn, wobei man den in der First angebauten Thon zum grössten Theile gewinnt.

Die Arbeit in dem Thone selbst ist besonders eigenthümlich.

Die Firste sowohl als der Ortsstoss werden in einer Wölbung geführt. Der Thon wird in etwa einen Fuss langen und breiten Stücken genommen, deren Dicke an dem einen Ende etwa 9 Centimeter, an dem andern 18 Centimeter beträgt.

Durch die Stellung des Ortsstosses hat man für jedes Stück schon zwei freie Seiten. Auf den andern werden dieselben mittelst eines herzförmigen Messers losgeschnitten und endlich auch auf der Rückseite mittelst einer gebogenen Hacke mit breiter querstehender Schneide losgetrennt.

Die Förderung erfolgt in Schiebkarren bis zu den Schächten und in diesen selbst durch Tonnen und Haspel.

Oft schliessen die Thonlager eine bedeutende Menge Wasser in sich, das beim Anhauen einer Spalte plötzlich durch den Stollen sich entladend eine Menge Schlamm, aus Thon und dem obern Erdreich bestehend, mit sich führt, was oft grosse Arbeiten verursacht.

f) *Bergmännische Gewinnung.* Bergmännisch mittelst eines Stollens werden gewonnen die Kaoline von Aue und Sornzig, ersterer unter besonders mühsamen Verhältnissen, der Klingenberger Thon mittelst zwei 70 Meter tiefen Schächten, ferner alle sehr festen Thone: so die steinartigen mittelst Schrämm- und Schiessarbeit, bei welchen aus der Steinkohlenformation die Förderung gleichzeitig mit der Kohle Statt findet u. s. w. — So wird der in einer der Schichten der Central-Kohlenformation Englands, in Dudley, ausgebeutete

Thon von Stourbridge mittelst combinirten Streb- und Pfeilerbau, aus einer Tiefe von 70 bis 100 Meter mit den Kohlen zu Tage gebracht.

Man sortirt den Thon in der Grube schon in drei Sorten, von denen die beste zu Glashäfen und Hohofenkernschächten, die mittlere für Schmelztiegel zum Schmelzen von Messing und Eisen und die dritte für feuerfeste Steine verwendet wird.

Aus noch beträchtlicheren Teufen wird der mehrere verschiedene feuerfeste Schichten bildende Garnkirk-Thon bei Glasgow, der mit den Flötzen von Steinkohle und Kohleneisenstein wechsellagert, gefördert.

Bei dem Abbau erhalten die Strecken 3 bis 4 Meter Breite, stehen rechtwinklich auf den Schnitten und fast ohne Zimmerung. Hierdurch und durch ebenso breite Ueberhaue werden 8 bis 10 Meter im Quadrat starke Pfeiler gebildet, welche zur Unterstützung des Hängenden stehen bleiben. Die Gewinnung ist daher schachbretförmig und beginnt mit der Führung eines 10 bis 12 Cm. tiefen Schrames zwischen den beiden untern Lagen des Flötzes und endigt mit dem Hereinschiessen der verschrämten Masse.

Der Thon gelangt als Rohthon oder ausgesucht und zubereitet in den Handel. Ebenso wird mit der Kohlenförderung als Nebenprodukt, wenn auch leider nicht regelmässig und unvollständig, der feuerfeste Schieferthon bei Saarbrücken und in Schlesien bei Waldenburg gewonnen.

Zweites Kapitel.

Zusammensetzung der Thone.

Pyrometrisches Verhalten der Thonerde und Kieselsäure, beider in Verbindung, des Thonerdesilikats und im Verein mit den Flussmitteln. Normalthone.

Von den Hauptbestandtheilen aller Thone, der Thonerde und der Kieselsäure, wird letztere bei den natürlichen Thonen stets in vorwiegender Menge gefunden.

Thonerde, Eigenschaften und pyrometrisches Verhalten. Die Thonerde stellt frisch gefällt, als Thonerdehydrat ($Al^2O^3 3 HO$ 51,5 + 27 = 78,5) einen gallertartigen Niederschlag dar, der, wie oben für den Thon theils bemerkt, Farbstoffe wie Salze und Luftarten begierig zurückhält und beim Trocknen wie Glühen bedeutend schwindet. Bei gelindem Glühen giebt sie eine lockere, zart anzufühlende Masse, bei heftiger Glühhitze hart zusammengebackene Stückchen, welche zerrieben ein schneeweisses Pulver liefern; sie ist nur in der heftigsten Weissglühhitze schmelzbar.

Das specifische Gewicht von 3,75 der schwachgeglühten Thonerde erhöht sich im Porzellanofen auf 3,9.

Auf Platinblech mit salpetersaurem Kobaltoxydul befeuchtet und dann geglüht, färbt sich die Thonerde, wie oben gesagt, blau. Sie ist löslich sowohl in der Lauge der fixen Alkalien, als auch in Säuren.

Bei einem Hitzgrade, der den Schmelzpunkt des Schmiedeeisens[1]) erreicht:

---

[1]) Ein Hitzgrad, in dem ein Gemenge aus 1 Theil Normalthon, Saarauer Thon I, und zwei Theilen Normalthon II, Zettlitzer geschlämmter Kaolin, erweicht zu einer homogenen feinblasigen Masse. Man sehe Näheres Dingler's Journal 169, S. 358 und folgende.

verhält sich die chemisch-reine Thonerde (Thonerdehydrat zerrieben) äusserlich ohne Zeichen einer Schmelzung (keine Glasur, kein Schmelz oder Glanz ist zu bemerken), auch nicht an den Kanten.

Die Masse erscheint aber beträchtlich geschwunden, hat sich verdichtet und ist fest und hart geworden mit porzellanähnlichem Bruche.

Setzt man dieselbe bereits geglühte und pulverisirte Thonerde einem noch höhern Hitzgrade aus bis zur Temperatur, in der in einer Thonerdekapsel beigefügte Platinschnitzel zu einer Kugel zusammen geschmolzen, so zeigt sie ein wesentlich gleiches Verhalten und ebenfalls kein Zeichen glasiger Schmelzung. Die Probe erscheint wie mit Oel getränkt.[1])

Wird die Prüfung statt mit Thonerdehydrat mit vollkommen gereinigter Kryoliththonerde, die von körnigem Ansehen, ausgeführt und letztere der bezeichneten völligen Platin-Schmelzhitze (P. S.) ausgesetzt:

so sind nicht allein keine Anzeichen von Schmelzung zu bemerken, sondern trotz der heftigsten Glühung ist die rein weisse Masse merklich weniger geschwunden und hat noch ein mattes Ansehen und die Körnigkeit bewahrt; ist mit dem Messer noch ritzbar unter Abstauben und ohne Mühe zu Pulver zu zerdrücken.

Die vorher entwässerte, lockere Kryoliththonerde behält in P. S. noch ein loses Gefüge, während das stark schwindende Thonerdehydrat in derselben Temperatur zur porzellanähnlichen Masse verdichtet wie einigermaassen erweicht erscheint.

Das vorher stark geglühte und dann pulverisirte Thonerdehydrat verhält sich in P. S. strengflüssiger; doch weniger als die Kryoliththonerde.

Eine Probe, ein Splitter natürliche krystallisirte Thonerde, edler Korund, Schmiedeeisen-Schmelzhitze (S.-S.) ausgesetzt:

ist dunkler von Farbe geworden, lässt aber sonst keine Veränderung oder irgend welche Merkmale von Schmelzung erkennen.

Eben so verhält sich der Korundsplitter auch in völliger P. S., ja nach dieser heftigsten Erhitzung zeigt die aus pulverisirtem Korund geformte Probe noch einen erdigen, anhaftenden Bruch.

Kieselsäure, Eigenschaften und pyrometrisches Verhalten. — Die Kieselsäure ($Si\,O^3$ 21 + 24 = 45 oder $Si\,O^2$ 14 + 16 = 30) diese weisse, geschmack- und geruchlose, überhaupt in hohem Grade unveränderliche Substanz ist in Säuren (mit Ausnahme der

---

[1]) Im Knallgasgebläse schmilzt bekanntlich die Thonerde.

Flusssäure, die sie vollständig auflöst), wie in Wasser, besonders nach vorher gegangener scharfer Austrocknung unlöslich, dagegen löst sie sich in den Laugen der reinen und kohlensauren fixen Alkalien; sie schmilzt erst in den höchsten Hitzgraden zu einem Glase.

Wir kennen die Kieselsäure im hydratischen, meist gallertartigen Zustande mit verschiedenem Wassergehalt, je nach den Umständen der Entstehung; oder dieselbe geglüht in der amorphen Modifikation mit dem specifischen Gewichte 2,2 bis 2,3 oder als krystallisirte oder krystallinische Kieselsäure im Quarz oder Sand u. s. w. mit dem specifischen Gewicht von 2,6. Die geglühte amorphe Kieselsäure nimmt an der Luft begierig Wasser auf und hält es bei 100 bis 150° fest zurück.

In der oben genannten Schmelzhitze des Schmiedeeisens, die selbst bis zur Schmelzhitze des Platins gehen kann,

zeigt chemisch reine Kieselsäure, vollkommen gereinigtes feines Quarzpulver, angefeuchtet und zu einer Probe geformt, weder im äusseren Ansehen, noch auf dem Bruche Kennzeichen einer Schmelzung. Der Bruch ist körnig und wenig fest.

Die gefällte chemisch reine Kieselsäure:

erweicht in P. S. zu einer äusserlich glänzenden, innen bläulich porzellanartigen, an den Kanten durchscheinenden Masse.

Ein ähnliches Verhältniss, wie zwischen der pulverförmigen Kryoliththonerde und dem Thonerdehydrat in Bezug auf das porzellanähnliche Brennen der letztern sich beobachten lässt, macht sich geltend zwischen dem natürlichen Quarzpulver und dem gefällten Kieselsäurehydrat, welches letztere so erhitzt, eher eine Erweichung zeigt, während ersteres noch lose bleibt.

Erst im gesteigerten Hitzgrade, völliger Platin-Schmelzhitze:

ist die chemisch-reine Quarzprobe mit einem lebhaft glänzenden Schmelz überzogen und bildet eine glasartige, durchscheinende Masse mit weisslichem Kerne.

Die Kanten haben sich ein wenig abgerundet und auch die Bruchfläche zeigt Glasglanz.

Aehnlich verhält sich zum Theil in demselben erhöhten Hitzgrade der vorher pulverisirte[1]) wasserhelle Bergkrystall.

Andere natürliche Quarzarten zeigen den glasigen Ueberzug schon in dem bezeichneten geringern Hitzgrade. So norwegischer

---

[1]) Das Pulverisiren wird vorgenommen in einem Achatmörser, nachdem mit dem Hammer die in Papier eingewickelten Krystalle zu feinen Splittern zertrümmert sind. Geschieht das Pulverisiren im Stahlmörser, so verrathen sich dabei abgelöste Eisentheilchen nach dem Glühen durch mikroskopische schwarze Flecken, die in der bezeichneten glasigen Rinde schwimmen.

Rosenquarz, welcher schon in S. S. völlig glasirt, theils durchsichtige, theils milchweiss blasige Glasmasse bildend. Beim Amethyst schwimmen in der ziemlich durchsichtigen Masse vereinzelte weisse Flitter. Fast gleich verhalten sich der Chalcedon, Hornstein, Hyalith und Milchquarz; dagegen entschieden weniger strengflüssig die Infusorienerde, auch wenn sie gereinigt ist.[1])

Die reine Thonerde ist also schwerer schmelzbar als die reine Kieselerde und namentlich gilt das von der reinen Kryoliththonerde gegenüber der reinen Kieselsäure in gleichfalls der strengflüssigsten Form. Die desfalsige Prüfung verlangt nur einen genügend hoch gesteigerten Hitzgrad.

Thonerde und Kieselsäure; *pyrometrisches Verhalten.* — Welches ist nun das pyrometrische Verhalten der beiden Bestandtheile in Vereinigung mit einander, sei es, dass sie nur mechanisch mit einander gemengt sind, oder dass sie bereits eine chemische Verbindung bilden oder theilweise beides.

Das Gesetz, dass wenn zwei starre Körper sich vereinigen, die erhaltene Verbindung eine geringere Schmelztemperatur besitzt, als das Mittel aus den Schmelztemperaturen der beiden Bestandtheile, trifft auch hier zu, und zwar ist die kieselsaure Thonerde leichtflüssiger, als jeder der Componenten für sich. Während zur Schmelzung der Kieselsäure völlige Platinschmelzhitze erforderlich, und zu der der Kryoliththonerde ein noch höherer Grad, zeigt sich die Verbindung glasirt in annähernder Schmiedeeisen-Schmelzhitze.

Bei einem nur mechanischen Gemenge von Kieselsäure und Thonerde ist etwas längere oder eine höhere Erhitzung erforderlich, um die Schmelzung zu Wege zu bringen, als bei der bereits bewirkten chemischen Verbindung.

Ferner schmilzt auch ein Gemenge von amorpher Kieselsäure mit Thonerde früher, als ein solches mit krystallisirter Kieselsäure.

Verhalten bei steigender oder verminderter Kieselsäure. — Mengt man reine Thonerde mit reiner Kieselsäure (reines Quarzpulver), und zwar 1 Gewichtstheil Thonerde mit 1, 2, 3 u. s. w. Theilen

---

[1]) Siehe Näheres Dingler's Journal B. 174, S. 140 über die Strengflüssigkeit der Quarzarten. Auch ist die gefällte (amorphe) Kieselsäure, wie sie z. B. bei Silikatanalysen nach dem Aufschliessen mit kohlensauren Alkalien erhalten wird, selbst auf das Allersorgfältigste mit kochendem Wasser ausgewaschen, weniger strengflüssig. Erst nach völligem Auskochen mit Salzsäure, wie ich neuerdings ermittelte, erscheint diese gefällte amorphe Kieselsäure als solche fast gleich unschmelzbar mit dem Bergkrystall resp. mit der krystallinischen. Nur etwa eine wenig grössere Festigkeit der Probe lässt sich alsdann zu Ungunsten der amorphen Kieselsäure beobachten, nachdem beide P. S. ausgesetzt worden.

Kieselsäure und glüht diese Gemenge, so zeigt sich zunächst, dass das Gemenge mit dem grössern Kieselsäure- respective Quarzzusatz eine längere Zeit der Erhitzung bedarf, ehe die Silikatbildung eintritt — sofern man darunter das Uebergehen des pulverigen, losen Zustandes in den mehr festen, dichten, mit beginnendem Glasüberzug versteht — als das mit dem geringern, so dass man aus dem Grade der Verschmelzung, der Verdichtung oder aus der dazu erforderlichen Zeit, die Kieselungsstufe des Silikats erkennen kann. Dies tritt deutlich hervor bis zu der Temperatur, welche die Silikatbildung bedingt; wird aber die Temperatur höher gesteigert, so machen sich andere Verhältnisse geltend.

Wird nämlich die Prüfungshitze erhöht über den Schmelzpunkt des Gussstahls hinaus bis zu dem des Schmiedeeisens oder noch höher, so dass die Silikatbildung bereits eingetreten, so ist umgekehrt das gebildete Silikat ein mehr flüssiges, respective erscheint unverkennbar mehr glänzend, mehr glasirt, wenn die Kieselerde vorwaltender ist.

Die erst zu bewirkende Bildung des Thonerdesilikats verlangt eine um so länger andauernde Erhitzung, je mehr Kieselerde in die Verbindung eingehen soll [1]); das Flüssigwerden des gebildeten Silikats, wozu überhaupt eine höhere Temperatur erforderlich, findet umgekehrt vollständiger Statt bei vorherrschender Kieselsäure. [2])

Vermindert man hingegen die Menge der Kieselsäure und mischt zu derselben ein Vielfaches der Thonerde und setzt diese basischen Gemenge einem noch mehr über den Schmelzpunkt des Schmiedeeisens gesteigerten Hitzgrad aus, damit überhaupt Zeichen von Schmelzung sich bemerklich machen, so nimmt mit dem vermehrten Thonerdegehalt die grössere Schwerschmelzbarkeit stetig zu.

---

[1]) So lange die Kieselsäure noch nicht die chemische Verbindung eingegangen, welche um so langsamer eintritt, je gröber die Quarztheile, so lange erscheint und ist in der That das Gemenge um so feuerbeständiger, was auch die Praxis im Grossen nicht selten bewährt und benutzt. Ein eklatantes Beispiel hierfür bietet der Granit dar, der im natürlichen grobkörnigen Zustande wesentlich schwerer schmelzbar erscheint, als wenn man das Gestein vorher fein pulverisirt. Welchen bedeutenden und sehr beachtungswerthen Einfluss so das physikalische Verhalten auf das pyrometrische auszuüben vermag, darüber vergleiche man ferner die Bemerkungen des Verfassers, Dingl. Journ. Bd. 200, S. 215—217. Die Prüfung von an Quarzkörnern reichen Thonen verlangt daher bei mehr als relativen Anforderungen entweder eine geringere, wenn auch schon hohe aber genügend andauernde oder bei kürzerer Dauer eine reichlich hohe Erhitzung.

[2]) Vorstehende Gemenge von Kieselsäure und Thonerde, in welchem erstere in zunehmendem Verhältniss, eignen sich daher als recht empfindliche Pyroindikatoren.

So ergeben die Versuche, wenn man Gemenge aus:

a) 1 Gewichtstheil Thonerde und 1 Gewichtstheil Kieselsäure

b) 1 „ „ „ 2 „ „

c) 1 „ „ „ 3 „ „

annähernder Platin-Schmelzhitze aussetzt, dass

a. noch körnig, nicht glänzend,

b. verdichtet und schwach glänzend,

c. völlig emaillirt, stark glänzend; Bruch glänzend porzellanähnlich ist.

In demselben Hitzgrade erscheint

d) ein Gemenge aus 1 Gwth. Thonerde und 6 Gwth. Kieselsäure — noch ohne Glanz.

In wirklicher Platin-Schmelzhitze ist:

a. verdichtet, ölig aber nicht glänzend; Bruch steinartig,

b. glänzend; Bruch steingutähnlich,

c. stark glasirt, völlig eingehüllt von glasgländem Email; Bruch porzellanartig mit einzelnen Löchern, sehr hart.

In diesem erhöhtem Hitzgrade erscheint

d) zerflossen tropfenförmig, auch — e. ein Gemenge aus 1 Gwth. Thonerde und 12 Gwth. Kieselsäure — wenn auch völlig emaillirt, doch der Form nach erhalten.

Repetirt man den Versuch mit den bereits geglühten und damit gebildeten chemischen Verbindungen, nachdem dieselben pulverisirt, neue Proben daraus geformt und kontrollirter P. S. unterworfen wurden, so ist:

a) ohne Glanz, ölig,

b) deutlich glasirt,

c) stark glasirt, völlig von einem lebhaft glasglänzenden Email umflossen.

Im Wesentlichen zeigt demnach der letzte Versuch durchaus dasselbe Resultat, nur treten die bezeichneten Erscheinungen noch mehr verschärft hervor.

Ferner wurden die Versuche angestellt mit:

f) dem basischen Gemenge nach der Formel ($2\,Al^2\,O^3$, $3\,Si\,O^3$) oder auf 1 Theil Thonerde 1,311 Kieselsäure.

g) dem zweidrittel Silikat, Durchschnittsverhältniss, in welchem nach Richters Thonerde und Kieselerde in den feuerfesten Thonen vorkommen ($Al^2\,O^3$, $2\,Si\,O^3$) oder auf 1 Thonerde 1,748 Kieselsäure.

h) dem neutralen Gemenge ($Al^2\,O^3$, $3\,Si\,O^3$) oder auf 1 Thonerde 2,621 Kieselsäure.

i) dem sauren Gemenge ($Al^2O^3, 6SiO^3$) oder auf 1 Thonerde 5,243 Kieselsäure

und dieselben kontrollirter P. S. ausgesetzt; zeigt sich

f) verdichtet, ölig; Bruch steingutartig,

g) beginnt zu glasiren; Bruch steingutartig, glänzend, löcherig,

h) leise glasirt; Bruch steingutartig, glänzend, ohne Löcher,

i) stark glasirt (am meisten); Bruch steingutartig, glasglänzend, mehr löcherig.

Aus Vorstehendem ergiebt sich die Regel, dass während Kieselsäure in zur Silikatbildung hinreichend hohem Hitzgrade oder wenn deren Menge nicht allzusehr überwiegt, die Flüssigkeit des Gemenges aus Thonerde und Kieselsäure vermehrt, die Thonerde stets das Gegentheil bewirkt. Deren hervorragende Menge ist daher gewöhnlich maassgebend für die Schwerschmelzbarkeit der feuerfesten Thone, wodurch allein sonst schädliche Einflüsse, z. B. eine relativ grössere Menge von Flussmittel, paralisirt werden können.

Thonerdesilikat im Verein mit den Flussmitteln. Pyrometrisches Verhalten. Richters' Gesetz. — Geht man noch einen Schritt weiter und setzt diesen Gemengen aus Thonerde und Kieselsäure die in den Thonen, wenigstens theilweise nie fehlenden Beimengungen oder die sogenannten Flussmittel hinzu, so sind wir bereits, was die Gesammtbestandtheile angeht, bei den natürlichen Thonen, resp. bei deren allgemeiner Zusammensetzungsweise, angelangt. Untersuchen wir daher schliesslich das pyrometrische Verhalten dieser Flussmittel in Beziehung auf Kieselsäure und Thonerde und unter dem nicht zu übersehenden, maassgebenden Gesichtspunkte, dass bei den natürlichen Thonen meist vorherrschend bereits eingegangene, chemische Verbindungen uns vorliegen, die hier erst noch zu bewirken, so sind wir damit auf einem wohlbegründeten Wege, der uns ganz direct zur Erkenntniss des Wesens der Feuerfestigkeit der Thone führen muss.

Stellt man sich die kieselsaure Thonerde dar, indem man wie oben 1 Theil Thonerde mit 2 Theile Kieselsäure heftigst glüht, bis eine Schmelzung und damit die Silikatbildung eingetreten, pulverisirt die so erhaltene kieselsaure Thonerde und setzt dazu gleiche Mengen z. B. 4 Proc. der Flussmittel, also je der Magnesia, des Kalkes, des Eisenoxyds und Kalis, so stellt sich heraus: — am dünnflüssigsten ist das Gemenge mit der Magnesia, weniger geschmolzen ist das mit Kalk versetzte, ihm folgt das Eisenoxyd und am wenigsten verändert ist das mit Kali, welche letztere Base unter den 4 genannten das grösste Aequivalentgewicht, — während umgekehrt die Magnesia das kleinste besitzt.

Es ergiebt sich daraus das von Richters in seinen ebenso lichtvollen wie erfolgreichen Forschungen aufgefundene Gesetz: — äquivalente Mengen der als Flussmittel auftretenden Basen üben auf die Schmelzbarkeit der Thone einen gleichen Einfluss aus, — unter der bemerkenswerthen Voraussetzung, dass sämmtliche Basen wie auch die Thonerde bereits mit der Kieselsäure chemisch gebunden oder zu deren Bildung hinreichend lange damit erhitzt worden sind.[1] — Kurz in Aequivalent-Zahlen ausgedrückt, verhalten sich demnach 20 Gewichtstheile Magnesia gleichwerthig und gleichwirkend mit 28 Kalk, 40 Eisenoxyd und 47 Kali.

Einfluss gleichzeitiger verschiedener Flussmittel. — Nach den Versuchen von Richters wird durch das Zusammenwirken der verschiedenen Flussmittel der Einfluss eines jeden einzelnen nicht erhöht[2] d. h. die Schmelzbarkeit nimmt nicht oder in keiner merklichen Weise zu, sondern wächst nur mit der grössern Summe der Aequivalente dieser Beimengungen.

Rolle der Thonerde gegenüber den Flussmitteln. — Bei der Wirksamkeit der Flussmittel nimmt die Thonerde eine bedingende, nothwendige Stelle ein, denn kleine Mengen von ersteren in Verbindung mit Kieselsäure treten nur dann als eigentliche Flussmittel auf, wenn gleichzeitig kieselsaure Thonerde gegenwärtig ist.

Versetzt man chemisch reinen Quarz, je ausschliesslich der Thonerde, mit den bekannten Flussmitteln: Eisen, Kalk, Magnesia, so kann der Zusatz bis zu vielen Procenten, selbst bis zu 10 Procent gesteigert werden, ohne dass in einem Hitzgrade, welcher Schmiedeeisen-Schmelzhitze übersteigt, eine irgend beträchtliche Einwirkung derselben auf die Kieselsäure sich zu erkennen gibt. Die Proben lassen sich mit dem Messer noch schaben; ja man kann den Zusatz bis zu 20 Procent steigern, ohne dass ein solches Gemenge auch nur glasirt sich zeigt. Es erscheint dabei für die Beobachtung im Wesentlichen gleich, mit welcher der genannten Substanzen im Einzelnen man den Versuch anstellt, sowie auch keine entschiedene Differenz sich bemerken lässt, wenn man mehrere der Flussmittel zusammenmengt. Eine schön weisse, körnige, beim Schaben mit dem Messer abstaubende

[1] Bei niedern Temperaturgraden können wir es mit mehr oder weniger unvollständigen Doppelverbindungen und entsprechenden andern intermediären Erscheinungen zu thun haben, welche das Aequivalentgesetz verzögern; der Verfasser Dingler's Journ. B. 196, S. 444 und B. 198, S. 407.

[2] Richters' Untersuchung über die Ursache der Feuerbeständigkeit der Thone S. 12.

Masse gibt ebensowohl der Kalk wie das Kali, eine dunkel röthliche das Eisenoxyd und eine bläuliche, etwas festere die Magnesia.

Wird aber den bezüglichen Gemengen ein nur geringer Antheil Thonerde zugesetzt, so bringen schon wenige Procente von Eisen, Kalk u. s. w. in dem angegebenen Hitzgrade eine Schmelzung hervor.[1])

Setzt man zuletzt zu dem Gemenge aus kieselsaurer Thonerde und Flussmitteln Kieselsäure im Ueberschusse hinzu, so äussert sich die eben beschriebene Schmelzbarkeit in hinreichend hohem Hitzgrade — in geringerm kann das Umgekehrte stattfinden — um so energischer und so lange, als die Thonerde sie chemisch zu binden vermag resp. Silikate sich bilden.

Steigt der Ueberschuss, der allerdings höchst bedeutend sein muss, über dieses Vermögen hinaus, so macht sich wieder obiges Gesetz geltend, dass die grössere Strengflüssigkeit des componirenden Einzelbestandtheiles in den Vordergrund tritt.

Rekapitulation. — Kurz rekapitulirt sind die bei den feuerfesten Thonen in Rede kommenden Bestandtheile: die Thonerde, Kieselsäure und die Flussmittel.

1) Die Thonerde ist unter den beiden überhaupt höchst strengflüssigen Hauptbestandtheilen am schwersten schmelzbar.

2) In Uebereinstimmung hiermit ist die Verbindung, die kieselsaure Thonerde — welche wesentlich leichter schmelzbar als jeder der Componenten — um so strengflüssiger, je mehr die Thonerde vorherrscht, und um so leichtflüssiger, je mehr die Kieselsäure bis zu einer gewissen sehr reichlichen Menge vorwaltet.

In geringerm Hitzgrade oder unter bestimmten Umständen und Verhältnissen kann die Kieselsäure die Schmelzbarkeit eines Thones erhöhen.

3) Kommen zu der kieselsauren Thonerde die Flussmittel, so bilden sich noch weniger schwerschmelzbare Doppelverbindungen.

Die Flussmittel in Verbindung mit Kieselsäure sind es, welche bei Gegenwart von Thonerde die Schmelzung um so eher einleiten und diesen Zustand, wenn sie in hinreichender und die Kieselsäure in reichlicher Menge vorhanden, um so vollständiger und energischer über das Ganze verbreiten.

Fassen wir schliesslich das Ergebniss noch in anderer Form zusammen.

Zusammenfassung. Chemischer Vorgang. — Das Schmelzen der Thone besteht in der Bildung von Doppelsilikaten und kieselsaurer Thonerde einerseits und einer kieselsauren Base andernseits,

---

[1]) cf. der Verfasser, Dingler's Journal B. 196, S. 527.

die entweder: Magnesia, Kalk oder Eisen, Kali oder Natron sein kann.

Die reine kieselsaure Thonerde ist in unsern gewöhnlichen Feuerungen unschmelzbar und ist es auch in den höchsten, schon mehr künstlichen Hitzgraden, je grösser die Thonerdemenge darin ist.[1]

Kommt dazu eine der genannten Basen, so nimmt mit deren Menge die Schmelzbarkeit stetig zu und äussert sich um so wirksamer in auffallend grösserer Flüssigkeit, je mehr gleichzeitig die Kieselsäure wächst bis zu einem gewissen, freilich schon recht bedeutenden Grade.

Ausserordentlicher Werth der Thonerde. — Die Thonerde ist somit der werthvollste und positiv wirksamste Bestandtheil der eigentlichen feuerfesten Thone, dessen hervorragende Menge in der Regel auch maassgebend für die Schwerschmelzbarkeit ist. Sie ist nicht allein an sich am schwersten schmelzbar, sondern sie vermehrt in den natürlichen Thonen auch stets die Schwerschmelzbarkeit der Verbindungen, sie wirkt der Kieselsäure wie den Flussmitteln entgegen. Was Flussmittel und Kieselsäure verschlechtern — verbessert die Thonerde im absoluten Sinne.

Bei Beurtheilung des pyrometrischen Werthes eines feuerfesten Thones spielt die Thonerde die entscheidendste Rolle und kommt es daher nur an auf die Verhältnisse, in denen wir sie darin antreffen und zwar einerseits auf das Verhältniss der Thonerde zu den Flussmitteln resp. deren äquivalenter Gesammtmenge nach dem obigen Gesetze und andererseits auf das Verhältniss der Thonerde zur Kieselsäure. — Die Ermittelung dieser beiden einfachen Beziehungen ist günstiger Weise auch völlig ausreichend.

Enthält z. B. unter zwei Thonen der eine mehr Thonerde sowohl den Flussmitteln gegenüber als der Kieselsäure, so ist dieser nothwendig der strengflüssigere, und umgekehrt ist der thonerdeärmere der leichflüssigere. Ist bei zwei Thonen das Thonverhältniss zu den Flussmitteln ein gleiches, so ist der weniger kieselsäurehaltige der strengflüssigere, wie umgekehrt. Sind von zwei Thonen die in Rede stehenden beiden Verhältnisse dieselben, so wird im Allgemeinen das pyrometrische Verhalten ein gleiches sein.

---

[1] Setzt man zu dem besten feuerfesten Thon Kieselsäure, so vermindert man damit die Schwerschmelzbarkeit, wenn nur der Hitzgrad hinreichend hoch. cf. der Verfasser Dingler's Journal B. 159, 57. Richters setzte zu dem in S. S. unschmelzbaren Thon Saarau I 20 Proc. Quarzpulver, wodurch derselbe in gleichem Hitzgrade glasirt erscheint. cf. Richters über die Feuerbeständigkeit der Thone.

Zusammensetzung der sieben Normalthone.

Als Beispiel der Zusammensetzung feuerfester Thone mögen hier sieben von mir analysirte und als Normalthone [1]) aufgestellte gelten, welche mit Ausschluss der sandreichen und der schon weniger schwerschmelzbaren sieben verschiedene Grade der Feuerfestigkeit repräsentiren.

Diese sieben Thone sind systematisch geordnet in 7 Klassen in absteigender Linie und bezeichnet die erste die Thone, welche als die besten in feuerfester Hinsicht bis jetzt in der Hüttentechnik bekannt sind. — Wenn man dann den zwischen dieser höchsten Schwerschmelzbarkeit und einem bestimmten Thone von geringerer Feuerbeständigkeit, wie er aber im Handel am Rhein noch als feuerfest gilt, bestehenden Abstand in 100 Theile theilt, so wird gewissermaassen die Feuerfestigkeit, resp. der Thon in Bezug auf seine grössere oder geringere Schmelzbarkeit, mit einem zugesetzten Normalgemenge aus reiner Kieselsäure und Thonerde titrirt.

Wird jedes Vielfache eines solchen Normalzusatzes = 10 gesetzt, um ein hinreichendes Einreihen von Zwischenstufen in ganzen Zahlen offen zu halten, so ergibt sich eine bestimmte zahlenmässige Eintheilung. Das Verhalten des besten, feuerfesten Thones, oder eines diesem gleichen, oder des Thones der ersten Klasse, mit dem Normalgemenge versetzt, in einer bestimmt normirten Prüfungstemperatur wird als Maassstab und dessen Feuerfestigkeit (oder F) = 100 gesetzt.

Bei einem Thone, welcher den zweifachen Zusatz des Normalgemenges erfordert, um in der gleichen Prüfungshitze eben so schwerschmelzbar zu sein, ist $F = 100 - (2 \times 10) = 80$, d. h. er ist im Vergleiche zum besten Normalthon ein 80procentiger feuerfester Thon.

Bei einem Thone, welcher ebenso den dreifachen Zusatz des Normalgemenges erfordert, ist $F = 100 - (3 \times 10) = 70$, d. h. er ist ein 70procentiger u. s. w. u. s. w.

Allgemein: das Vielfache des Gewichtes des Normalzusatzes, resp. dessen Zahl mit 10 multiplicirt und das Produkt von 100 abgezogen gibt den Grad der Feuerbeständigkeit auf 100 bezogen oder in Procenten ausgedrückt an.

Die Aufstellung der 7 Klassen ist eine beliebige und sind

[1]) Wollte man hier alle bereits untersuchten Thone, wovon ich bereits mehr denn 1000 einer Untersuchung unterworfen, namentlich anführen und näher beschreiben, so würde das schon ein Buch für sich geben und ich unterlasse daher eine solche Zusammenstellung im Einzelnen vorbehaltlich späterer Zusammenfassung und Bearbeitung.

dafür als Typen vorherrschend Thone gewählt, welche am Rhein und in Westfalen die am allgemeinsten bekannten sind.

Erste Klasse: Thon von Saarau No. 1. — Die physikalische oder mineralogische Beschreibung nebst sonstigen Bemerkungen für vorstehende Normalthone mögen sich gleich unmittelbar anschliessen.

Vorkommen, mineralogische Beschreibung und Eigenschaften. Das Material für den Repräsentanten der ersten Klasse, Thon von Saarau No. I in Nieder-Schlesien, welcher besteht aus derben, schieferartigen Stücken von dunkelblauer Farbe, schwer zerreiblich ist, nicht knirscht beim Zerreiben, wurde aus einem Quantum von einigen Centnern besonders ausgesucht und entspricht wohl überhaupt dem reinsten derartigen Vorkommen. Zu den Probestücken wurde ausgelesen eine eigenthümlich linsenförmig sich absondernde Masse von sehr feinem, zartem Korn, tief dunkler Färbung wie überhaupt recht gleichmässigem, hornartigem Ansehen. Unreinigkeiten oder fremde Beimengungen sind darin keine oder höchst selten zu bemerken.

Zugehörige Thone. In diese erste Klasse gehören diejenigen Thone, die sich am strengflüssigsten oder überhaupt am indifferentesten in sehr hohen Hitzgraden verhalten. Dieselben sind fest, steinartig und nicht plastisch, fangen aber an plastisch zu werden durch längeres Einweichen. Sie zeigen schon an sich eine dichtere, specifisch schwerere Masse und brennen sich im Feuer viel kompakter.[1])

Hier gebührt der erste Platz den Steinkohlenthonen, unter den vornehmlich renommirten besten schottischen, welche sich vor allen andern durch unverkennbar in die Augen fallende, grössere Schwerschmelzbarkeit (Unschmelzbarkeit in Schmiedeeisen-Schmelzhitze, wenigstens alsdann unglasirt bleibend) hervorthun und als deren Repräsentant der Garnkirkthon prima Sorte zu bezeichnen ist.

Auf gleicher oder sehr nahe gleicher Höhe stehen in feuerfester Hinsicht neben dem Garnkirk-Thon der von Gartscherik und der von Cowen; dann folgt der von Wales I und der Derby-Thon. — Aehnlich ihrem sonstigen Verhalten nach sind, doch stehen pyrometrisch wesentlich tiefer, die bessern Thone von Stourbridge sowie verschiedene der genannten, auch unter andern Namen vorkommenden englischen Thone in zweiter und recht wechselnder Qualität.[2])

---

[1]) Diese grössere Körperfestigkeit, wie sie in der Praxis bezeichnet wird, ist eine schätzenswerthe, die Widerstandsfähigkeit im Feuer zugleich erhöhende Zugabe.

[2]) Es betragen z. B. unter ca. 12 und von verschiedenen Analytikern ana-

Auch gehört hierher der beste[1]) schwedische Thon aus einer jüngern Steinkohlenformation stammend u. s. w.

Endlich wird noch bei uns in Deutschland in den Steinkohlengruben bei Saarbrücken ein Material gefunden, das seinem Vorkommen wie seinen höchst feuerfesten Eigenschaften nach, wenn es nur richtig und rationell behandelt wird, den genannten Thonen als vollkommen ebenbürtig an die Seite zu setzen ist.

Technische Anwendung. Verwendung finden diese Thone der ersten Klasse für die höchsten pyrotechnischen Zwecke, namentlich in der Gussstahlfabrikation, zur Ausmauerung des Kernschachtes in Hohöfen, in der Glasfabrikation, zur Darstellung reingehaltener, bester Charmotte-Steine u. s. w. als Aufbesserungsmittel für weniger schwerschmelzbare Thone, wie überhaupt, wo es sich um besonders gesteigerte Anforderungen handelt.

Preis. Der in Rede stehende Saarauer Thon kostet loco 3/4 Mk. pro Centner.

Zweite Klasse: Kaolin von Zettlitz. — Die Klasse II bezeichnet die Kaoline von primärer Lagerstätte und zwar die reinsten und vorzüglichsten in feuerfester Beziehung, welche aber dennoch um mehrere Stufen tiefer als die vorhergehende Klasse sich gruppiren.

Sind die Thone der ersten Klasse wenig bindend, so gehören diese zu den wenig fetten, welche magere Beschaffenheit bei allen Thonen gefunden wird, die man in mehr trocknem Zustande antrifft.

Kaolin. Es möge hier der Kaolin, diese bestimmte, durch gewisse gemeinsame und charakteristische Eigenschaften in sich abgeschlossene Thongattung eine besondere Besprechung finden.

Die Porzellanerde, nach der chinesischen Benennung Kaolin, von seiner Verwendung zur Porzellanbereitung, auch Porzellanthon genannt, welche von weisser, graugelblich- und röthlichweisser Farbe, feinerdig, zerreiblich, matt ist, sich mager anfühlt und an der Zunge wenig klebt, gibt mit Wasser keine fette, plastische Masse. Nimmt mit dem Fingernagel gerieben in der Regel keinen Glanz an. Im Vergleich mit den meisten sonstigen Thonen ist der Kaolin, namentlich der geschlämmte, thonerdereicher. Behandelt man beide in der Kälte mit Schwefelsäure, so bleibt nach

---

lysirten Proben des Thones von Stourbridge die Schwankungen im Gehalte an Thonerde bis zu 9 und an Kieselsäure bis zu 10 Procent. Am wechselndsten ist die Eisenmenge, welche von weniger als 1 bis 5 Procent steigt.

[1]) Das strengflüssigste Material gehört unter den pyrometrisch wesentlich verschiedenen Schichten einer mehr mittleren an; cf. der Verfasser, Dingl. Journ. B. 167, S. 29.

Elsner die Mischung des Kaolins, dieses chemischen Zersetzungsproduktes, viel länger trübe, auch hat sich augenscheinlich mehr Thonerde gelöst, als bei den plastischen Thonen, wozu alle weichen, fetten oder die eigentlichen Thone zu rechnen sind. Der Kaolin in reinerem Zustande erweicht im stärksten Feuer in eigener Weise zu einer porzellanartigen Masse,[1] die nach Laurent und andern Forschern alsdann specifisch leichter ist, also an Volumen zunimmt.

Nothwendig sind die reinsten Thone die primären Kaoline, weil sie sowohl von krystallinischen, und daher reinern Gesteinen stammen, als auch gemäss ihrer Bildung nicht in der Lage waren, von aussen her Etwas aufzunehmen.

Die vorzüglichsten Kaoline kommen in solchen Granitgesteinen vor, in denen der Feldspath bedeutend vorherrschte und er zugleich den höchsten Grad der Verwitterung erreichte. Der thonige Kaolin, welcher eine thonig-bildsame Masse abgiebt und nur wenig mit andern Theilen gemengt ist, ist der werthvollste aber auch seltenste.

Als Repräsentant unter den vielen altbekannten und berühmten, übrigens bemerkenswerth verschiedenen Kaolinerden,[2] ist die geschlämmte Porzellanerde von Zettlitz ausgewählt.

Vorkommen. Die Gruben dieses Rohkaolins befinden sich bei dem Dorfe Zettlitz, $^3/_4$ Stunden in nördlicher Richtung von Carlsbad in Böhmen entfernt. In der Nähe der Gruben geschlämmt, liefert das natürliche Rohmaterial drei Produkte: a) gröbern Quarzsand, worin sich häufig grössere und kleinere krystallinische Schwefelkiesbrocken vorfinden: b) feinern Quarz-Staubsand, welcher sich später nebst den beigemengten Quarzlamellen absetzt, und c) die feinste Erde, wie sie in den Handel kommt und in Verbindung mit Quarz und Feldspath zur Porzellanfabrikation verwendet wird, so in der Porzellanfabrik zu Pirkenhammer bei Carlsbad (Firma Fischer und Mieg) und in anderen Fabriken Böhmens wie Deutschlands.

Die Gebirgsart, in welcher die in Rede stehende Kaolinerde vorkommt, ist Granit, der aber häufig mehr oder weniger von der Braunkohlenformation bedeckt ist, so dass man lange zweifelhaft

[1] Nach Brongniart: Traité des arts ceramiques tom 1. p. 80 ist der künstlich aus chemisch reinen Substanzen zusammengesetzte Kaolin wesentlich leichtflüssiger als der natürliche. Die von mir wiederholten vergleichenden Versuche ergaben, dass diese Beobachtung nur bedingt richtig ist. Werden nämlich die natürlichen Verhältnisse in der striktesten und selbst minutiösesten Weise bei der künstlichen Zusammensetzung innegehalten und verfolgt, so schwindet die Verschiedenheit der Schmelzbarkeit immer mehr bis auf nahe oder sehr nahe Null. Dingler's Journ. 1875.

[2] Die geringern, namentlich die unreinern Kaoline, nehmen eine wesentlich tiefere pyrometrische Stelle ein.

war, ob man das Material dem Granit oder der letzteren Formation zurechnen soll. Gemäss specieller schon älterer Untersuchungen von v. Buch, Haidinger und Mitscherlich entschied man sich für die Ansicht, dass die Zettlitzer Porzellanerde an Ort und Stelle verwitterter Granit sei, wiewohl an mehreren Stellen dortiger Gegend auch ähnliche natürliche Schlämmprodukte vorkommen, welche der Braunkohlenformation angehören mögen.

Mineralogische Beschreibung. Der Rohkaolin besteht lufttrocken aus einer graulichweissen, sich rauh anfühlenden, doch den zartesten fettigen Staub an den Fingern hinterlassenden Masse. In derselben lassen sich rundliche, weit vorherrschend kleinere Quarzkörnchen bis höchstens zur Grösse eines Pfefferkorns, Glimmerblättchen und einzelne kohlig-schwarz gefärbte Stellen bemerken. In den mir vorliegenden Stücken ist nirgends auch nur die geringste Eisenfärbung wahrzunehmen. Die durch Schlämmen von dem gröberen und feinsten Sande wie vom Glimmer bis auf kaum bemerkbare Spuren befreite Porzellanerde, wie sie in den Handel kommt, bildet fest zusammengetrocknete, sehr homogene Stücke mit muscheligem Bruche. — Im Ganzen ist deren Farbe weiss mit einem nur geringen Stich in gelblichgrau. — Sie fühlt sich sehr zart und etwas fettig an, — schneidet sich schön glatt; die Schnittfläche ist ein wenig glänzend. — Zerfällt im Wasser unter singendem Zischen und gibt, damit angefeuchtet, eine höchst zarte, bindende Masse.

Knirscht beim Reiben in der Achatschale nicht im Mindesten. — Das Bindevermögen ist = 3. Schwärzt sich gelinde beim Glühen über der Lampe und wird dann rein weiss, fast schneeweiss.

Technische Anwendung. Dient hauptsächlich zur Porzellanbereitung. Ein guter Kaolin muss zu dem Zweck sich völlig oder nahezu milchweiss brennen und die daraus angefertigte Masse soll sich leicht und sicher verarbeiten lassen, sie darf beim Trocknen nicht reissen und sich nicht verwerfen.

Empfiehlt sich zu feuerfesten Fabrikaten, namentlich wo es sich um höhere Anforderungen handelt. Verschiedene Kaoline werden zur Darstellung feuerfester Artikel insbesondere als theilweises vorzügliches Magerungsmittel schwerschmelzbarer Thongemische, wie ferner bei der Glasfabrikation u. s. w. verwendet. Im Allgemeinen dürften die Kaoline den ihnen in erster Linie zukommenden hohen pyrometrischen Werth, wegen ihres höchst indifferenten Verhaltens gegen die verschiedenen Berührungsmittel im heftigsten Feuer, bis jetzt nicht ausgedehnt genug gefunden haben, weshalb denselben in dieser Hinsicht unzweifelhaft noch eine recht grosse Zukunft vorher zu sagen ist.

Preis. Der Preis für die geschlämmte Porzellanerde ist pro

Centner 1 Fl. 68 kr. österr. Währung. Die Gewinnung findet nur in mässigem Umfange statt.

Zugehörige Thone. Es gehören in diese zweite Klasse in erster Linie alle die reinern geschlämmten Kaoline; denn die mehr unreinen zeigen einen nicht wenig variirenden Grad der Schwerschmelzbarkeit.[1] Ich führe einige der ersteren an:

Der älteste bekannte und jetzt nur noch wenig gewonnene Kaolin ist der von Aue bei Schneeberg in Sachsen, welcher pyrometrisch den Normalkaolin noch übertrifft. Gleich zu setzen mit letzterm hinsichtlich der Schwerschmelzbarkeit ist der aus Quarzporphyr entstandene Kaolin von Sornzig bei Oschatz in Sachsen wie der des Colettes près Lalizolle in Algier und annähernd gleich der von St. Austell, Cornwall in England. Im Handel ist dieser von verwittertem, zinnhaltigen Granit herrührende Kaolin bekannt unter dem Namen China-clay.

In eine zweite Linie kommen die Kaoline von St. Yrieux bei Limoges, der von Seilitz bei Meissen und der von Pilsen in Böhmen. Noch tiefer stehen der Halle'sche Kaolin und der aus der Bretagne u. s. w.

Dritte Klasse: Bester belgischer Thon. — Eine nächstfolgende Stufe nehmen ein die fettesten, höchst bildsamen Thone, welche uns überhaupt bekannt sind.

Als Repräsentant wurde genommen und analysirt unter den weitbekannten belgischen der vorzüglichste, beste.

Wegen der grossen pyrometrischen Bedeutsamkeit des belgischen Thones beschreibe ich dessen Vorkommen etwas ausführlicher.

Vorkommen. Wie bekannt, kommt der belgische Thon hauptsächlich in der Umgegend von Andenne unweit Namur vor, und zwar im Steinkohlengebirge, wenn auch nicht in unmittelbarer Berührung mit den Steinkohlen. Vielmehr liegt er eingebettet im Uebergangskalk resp. im Grossen und Ganzen in elliptischen oder runden Mulden, auch Trichter darin bildend, deren Durchmesser bis zu 200 Fuss steigt, und welche in den dermaligen tiefsten Schächten circa 140 Fuss Tiefe erreichen.

Unzweifelhaft dürfte der Thon seinen Ursprung einer localen Zerstörung des Kohlenschiefers und der nachfolgenden Abschlämmung und Ablagerung der feinen thonigen Bestandtheile in die Höhlungen und Auswaschungen des Kohlenkalkes verdanken.

---

[1] cf. Werthstellung verschiedener Kaoline vom Verfasser, Dingler's Journ. B. 198, S. 396 und folgende. Strele S. 5 in seinem reichhaltigen Buche über Porzellanfabrikation giebt neben den Kaolinen wegen mancher Aehnlichkeiten noch die Kollyrite und den Kimolit an.

So wechselnd im Allgemeinen der Gehalt der Mulden, so verschieden ist auch die Güte des Thones, je nach der Localität der Gewinnung. — Bei dem grossen Rufe, welchen der belgische Thon weit über die Grenzen des Landes hinaus erlangt hat, dürfte es nicht ungeeignet erscheinen, hier die Lagerung der pyrometrisch wesentlich verschiedenen Sorten etwas specieller zu bezeichnen.

Der Centralpunkt für die Gewinnung des Thones ist Andenne, etwa 4 Meilen unter Namur an der Maas und gewöhnlich auf dem rechten Ufer. Südlich von Andenne und Namur finden sich, in einer Entfernung von 1 bis selbst 4 Meilen, fünf gleichlaufende Linien oder Streifen in der Richtung von Nordost nach Südwest, welche unter sich ca. 3000 Meter entfernt sind.

A. Die erste Reihe (zunächst Andenne) ist die von Navelin (Maiseret, Navelin und Vaudaige). Die Thone dieser Linie sind von einer zweiten Qualität. Sie sind grösstentheils von hellgraulicher Farbe, fühlen sich fettig an und enthalten nicht viel Sand. Im Feuer schwinden sie stark und reissen nicht. Sie werden zur Fabrikation von feuerfesten Steinen und Schmelztiegeln angewandt.

B. Die zweite Reihe ist die von Strud-Maiseroul (Wez, Mozet und Coutisse). Sie umfasst die allerbesten und vorzüglichsten Thonlager, die auch gegenwärtig bis zur grössten Tiefe ausgebeutet werden. Diese Thone sind von blauer bis schwarzblauer Schieferfarbe und ganz ausserordentlich bindend.

C. Die dritte Reihe ist die von Ohey-Matagne und Filée. Sie enthält Thone, welche theils von weisser Farbe, sehr kieselreich und dem entsprechend recht strengflüssig sind. Dieselben finden vornehmlich ihre Verwendung gebrannt und zerstossen zu Cement.

Die Thonlager dieser Reihe zeigen ausnahmsweise ein Fallen. Die Gewinnung ist im Ganzen eine etwas schwierige wegen der begleitenden Erdschichten, welche bald mit lockerem Sande, bald mit einer Art versteinerten Holzes (lignites) erfüllt sind; letzteres, Bolants benannt, zerfällt an der Luft und seine Zusammensetzung ist nicht weiter untersucht.

D. Die vierte Reihe von Tahier und Sorée (ferner Francèse, Evelette und Libois) begreift Erde von grauer Farbe, deren vergangener Ruf sprichwörtlich geworden ist unter der Bezeichnung „das ist eine ächte Tahier“. Diese Thone werden im gebrannten Zustande als Charmotte verwendet.

E. Die fünfte Linie ist die von Schaltin (ferner Flostoy und Ossogne). Sie enthält Thone von nur mittelmässiger Güte, welche mehr bindend als strengflüssig sind.

Unter diesen fünf Thongewinnungsreihen ist es wie gesagt die zweite, welche die besten feuerfesten Thone liefert. Die

reinste und strengflüssigste Sorte dieser Thone ist wie gesagt die am dunkelsten gefärbte.

Mineralogische Beschreibung. Dieser Thon bildet eine homogene, sehr gleichförmige Masse mit besonders häufig fettig-glänzenden Partien, theils den oben bezeichneten Ablösungsflächen, theils eigenthümlich eingedrückten oder gewundenen Glanzflächen. — Unter der Loupe betrachtet zeigt der lufttrockene Thon Poren und sehr vereinzelte lichtglänzende Pünktchen. — In noch feuchtem, wenn auch kaum noch weichen Zustande, ist der Thon von bläulich-schwarzer, völlig getrocknet von dunkel schieferblauer Farbe. — Fühlt sich durchaus fettig an; beim Bestreichen mit dem Finger erscheint sofort, namentlich an den Kanten, ein lebhafter Glanz. — Noch mehr, graphitähnlich, tritt der Glanz beim Schneiden hervor; die Schnittfläche ist fast vollkommen glatt. — Der Bruch ist theils kantig, theils etwas muschelig. — Der lufttrockene Thon haftet stark an der Zunge. Zerfällt in Wasser unter Entwicklung von Luftbläschen, welche mit singendem Zischen entweichen; gibt damit angefeuchtet eine höchst bindende, anklebende, bildsame Masse.

Knirscht nicht unmerklich beim Reiben in dem Achatmörser und liefert geschlämmt nahezu 1 Procent feine weisse Sandkörnchen. — Braust nicht beim Uebergiessen mit Säure. — Enthält gemäss qualitativer Prüfung, dem Augenschein nach, wenig Eisen und wenig Magnesia, Kalk in hervortretender Menge und Spuren einer Schwefelverbindung. — Das Färbende in dem Thone ist vorzüglich Kohle. — Ueber der Lampe schwärzt er sich und brennt sich allmählig hellgelblich weiss. Zerspringt beim raschen Erhitzen.

Technische Anwendung finden diese Thone zur Fabrikation von Zinkmuffeln, Gasretorten, auch zur Tiegeldarstellung und zu Glashäfen, wozu sie sehr gesucht sind.

Preis. Kostet per Ctr. ca. $^3/_4$ Mk.

Zugehörige Thone. Unter bekannten Thonen lassen sich dem besten belgischen Normalthon pyrometrisch gleich oder sind theils selbst höher zu setzen und zeigen fast durchweg das höchste Bindevermögen: der Klingenberger Thon Sorte I, vorkommend bei Aschaffenburg. Derselbe wird schon über 100 Jahre bergmännisch gewonnen, ist gleichfalls von fettig-glänzenden Eindrücken erfüllt, von sehr homogener Masse, hornartig mit durchscheinenden Kanten.

Im Ganzen sehr ähnlich ja noch etwas schwerer schmelzbar ist der beste Müglitzer Thon in Mähren, welcher eigenthümlich hellblau mit kohligen Partien und sehr verdichtet erscheint.

Pyrometrisch in gleicher Weise schliesst sich hier der weniger

bindende Thon von Ober-Fucha bei Mautern a. d. Donau an, bekannt unter dem Namen Göttweiher Thon, doch nur dessen prima Varietät und der Muffelthon von Petrikau in Polen; ferner ein Thon von Johnsdorf bei Krönau in Mähren und ein chokoladenfarbener Muffelthon von Jounec in Croatien.

Vierte Klasse: Thon von Mühlheim bei Coblenz. — In diese Klasse gehören die Thone, welche hinsichtlich bedeutend hervorragenden Bindevermögens, sowie grosser Schwerschmelzbarkeit sich den besten belgischen Thonen vorzugsweise nähern. Als deren Vertreter ist der rheinische Thon von Mühlheim bei Coblenz analysirt.

Vorkommen. Dieser dunkelblaue Thon, welcher das unterste Glied der Braunkohlenformation bildet, kommt auf der linken Rheinseite bei den Orten Mühlheim, Kärlich und Kettig, zwischen Andernach und Coblenz vor. Derselbe wird jetzt vornehmlich nur bei Mühlheim und zwar auf der Rübenacher Höhe mittelst runder, mit Reifen verbauter und 30 bis 80 Fuss tiefer Schächte gewonnen. Nachdem die Dammerde durchgraben ist, folgt die daselbst sehr verbreitete Bimsteinsandschicht, unter welcher häufig alsbald der Thon angetroffen wird, — zuerst von hellerer Farbe, glimmerhaltig und unrein, dann ein augenfällig mehr eisenhaltiger. Hierunter lagert der gute brauchbare Thon ohne bemerkbare Eisenfärbung, stellenweise eine Lage von sehr zartem, homogenen Aussehen darstellend und als Sorte No. 1 bezeichnet. — Der gute nutzbare Thon liegt in sehr wechselnder Mächtigkeit bis zu 40 und selbst 60 Fuss.

In der Regel wird mit grösserer Tiefe der Thon sandig, womit die weitere Ausbeute aufhört.

Mineralogische Beschreibung. Dieser Thon ist von dunkler schieferblauer Farbe, hat ein sehr gleichmässiges und fast durchweg reines Ansehen, fühlt sich sehr fettig an, schneidet sich glatt, die Schnittfläche ist glänzend. — Bruch stellenweise muschelig, kantig springend, glänzende, geglättete Eindrücke finden sich nicht selten. — Haftet stark an der Zunge. — Zerfällt im Wasser unter Entweichen vieler Bläschen mit singendem Zischen; gibt damit angefeuchtet eine höchst bindende, anklebende und plastische Masse, welche die Feuchtigkeit lange zurückhält.

Knirscht beim Reiben in der Achatschale unfühlbar; nur zwischen die Zähne gebracht, lassen sich äusserst feine Sandkörnchen wahnehmen. — Brausst nicht beim Uebergiessen mit Säure. — Schwärzt sich beim Glühen über der Lampe, riecht dabei brandig und brennt sich zur hellgelblichen Masse.

Technische Anwendung. Technische Anwendung findet der Mühlheimer Thon in nächster Linie als Ersatzthon der besten belgischen Thone.

Preis. Der in Form von Schollen à 10 Pfund im Handel bekannte Thon kostet per 1000 Schollen ca. 12—15 Thlr.

Zugehörige Thone. Es gehören hierher eine wenn auch beschränkte Anzahl besonders bevorzugter feuerfester Braunkohlenthone. Wir treffen in den 7 grossen Braunkohlenbecken Deutschlands hier und da wenigstens einzelne Lagen, die dem vorstehenden Normalthone gleichkommen oder sich ihm nähern. So finden sich gleich feuerfeste und hervorragend fette unter den nassauischen Thonen zwischen Lahn und Sieg, so der Baumbacher, einzelne Vorkommnisse an der Ahr, unter den niederschlesischen der ausgesuchte Saarauer, unter bayerischen ein hellblauer fetter Thon von Schwandorf, unter den böhmischen der Kozlaner u. s. w.

Fünfte Klasse: Thon von Grünstadt in der Pfalz. — Als Vertreter dieser Klasse der kaolinartigen Thone auf secundärer Lagerstätte, wurde der bekannte Grünstädter Thon analysirt.

Vorkommen. Die Fundstätte dieser gesuchten Hafenerde befindet sich bei Hettenleidenheim, 1½ Stunden südwestlich von Grünstadt in der Rheinpfalz. — Das Vorkommen kann wohl als Diluvialbildung betrachtet werden, die den Tertiärkalk überlagert; es ist im Ganzen als ein nesterweises zu bezeichnen.

Die Thonablagerung scheint hier ein Zersetzungsprodukt von Porphyrmandelstein zu sein, welcher den nur wenige Stunden entfernten Gebirgszug des Donnersbergs grösstentheils bildet. Das Thonlager tritt, je nachdem mehr oder weniger von dem darüber liegenden Alluvium weggeschwemmt ist, 30 bis 80 Fuss tief unter der Oberfläche auf und wird angebohrt, nachdem man die Dammerde, gelben Letten, eine viel Wasser führende Sandschicht und schliesslich grünlichen und gelben Thon durchteuft hat. — Die Mächtigkeit des brauchbaren feuerfesten Thones wechselt zwischen 6—12 Fuss, wovon jedoch die 3—6 Fuss starke mittlere Schicht die thonreichste, fetteste und reinste ist, während die obere und untere an Reinheit und Thongehalt nachsteht. — Enthält mitunter Schwefelkiesknötchen. — Der Thon wird bereits in der Grube vermittelst einer Art Axt in ca. centnerschwere, längliche, viereckige Stücke gehauen und kommt so in den Handel.

Preise. Der Preis differirt je nach seiner Güte und Reinheit. Die erste Sorte, auserlesene Stücke, von allem sichtbaren Schwefelkiese frei, kostet loco Grube 30 Kreuzer per Centner.

Mineralogische Beschreibung. Ist völlig lufttrocken von hellbläulicher Farbe mit nur vereinzelt dunkel gefärbten, kohlen-

haltigen Stellen. — Hat ein sehr gleichmässiges Ansehen und ist ein Hauch von schmutzig-gelber Eisenfärbung nur selten zu bemerken. — Fühlt sich recht fettig an. — Schneidet sich glatt und sehr zart; die Schnittfläche ist ein wenig glänzend. — Zeigt einen unebenen Bruch, doch besteht die Masse aus durchaus fettig glänzenden, geglätteten, gleichsam verkneteten Eindrücken und Ablösungen. — Haftet stark an der Zunge. — Zerfällt im Wasser unter Entweichen zahlreicher Bläschen mit singendem Zischen; gibt damit angefeuchtet eine recht bindende, klebende und plastische Masse, welche die Feuchtigkeit hartnäckig zurückhält.

Knirscht beim Reiben in der Achatschale kaum fühlbar. — Braust nicht beim Uebergiessen mit Säure. — Schwärzt sich beim Glühen über der Lampe und brennt nach und nach zur gelblichgrauweissen Masse.

Technische Anwendung. Eine technische Verwendung findet diese erste ausgelesene Sorte fast ausschliesslich in Glas-Fabriken.

Zugehörige Thone. Zu den 30procentigen feuerfesten Thonen, welche im Allgemeinen noch durch einen höhern Grad von Schwerschmelzbarkeit hervorragen, sind zu rechnen eine Reihe von Thonen, die meist besonders von den Glasfabriken benutzt werden. Ich führe hier nur die bekannten an: den Löthayner Thon in Sachsen, den Ebernhahner unweit Vallendar am Rhein, den von Schwarzenfeld in Bayern und in bevorzugter Weise den Wildsteiner in Böhmen. Pyrometrisch noch höher stehend gehört hierher der weniger fette beste Blanskoer Thon in Mähren.

Sechste Klasse: Thon von Oberkaufungen bei Kassel. — In diese Klasse kommen die Thone, welche, wenn sie auch in feuerfester Hinsicht schon eine wenig hohe Stellung einnehmen, doch wegen ihres hohen Bindevermögens und ihres niedrigen Preises halber recht gesucht sind.

Als Repräsentant dieser mittelmässigen Braunkohlenthone wurde die Analyse ausgeführt von dem Thone von Oberkaufungen 1 1/2 Stunden südöstlich von Cassel.

Vorkommen. Derselbe wird daselbst nach Abdeckung der 2—3 Fuss starken Dammerde in einer durchschnittlichen Mächtigkeit bis zu 8 Fuss gefördert. Dieser Thon gehört der Braunkohlenformation an.

Mineralogische Beschreibung. Ist lufttrocken von blaugrauer Farbe. — Enthält deutlich pflanzliche Reste, in deren Umgebung der Thon dunkler gefärbt ist. — Schneidet sich glatt; die Schnittfläche ist fettig-glänzend. — Zeigt geglättete, fettig-glänzende

Ablösungen. — Zerfällt in Wasser unter Entwicklung zahlreicher Bläschen und singendem Zischen; gibt damit angefeuchtet einen recht bindenden, anklebenden Teig.

Knirscht beim Reiben merklich. — Braust nicht beim Uebergiessen mit Säure. — Enthält vereinzelt Schwefelkiesknoten. — Schwärzt sich beim Glühen über der Lampe und färbt sich alsdann schwach gelblich-grau.

Technische Anwendung. Anwendung findet derselbe zur Fabrikation feuerfester Steine.

Preis. Er kostet pro Centner loco 2—2½ Sgr.

Zugehörige Thone. Die 20procentigen Thone repräsentiren die mittelmässigen feuerfesten Braunkohlenthone.

Den Uebergang bildend zwischen einerseits den 30procentigen und andererseits den 10procentigen Thonen, finden wir sie meist da, wo solche von beiden Klassen vorkommen.

So werden sie angetroffen unter den bereits erwähnten rheinischen Thonen z. B. dem Mühlheimer und zwar dem zweiter Qualität, denen aus dem Ahrthale, den Rheinisch-Nassauischen, den Pfälzer Thonen uud den alle pyrometrische Abstufungen repräsentirenden belgischen Thonen u. s. w.

Dieselbe Beobachtung bot sich dar unter den Thonen der Wiener Weltausstellung von 1873.

Unter einer Reihe von Thonen aus dem Tertiär-Becken der Herrschaft Wittingau in Böhmen tauchte eine grosse Anzahl von 20procentigen feuerfesten auf. Es gehört dahin unter österreichischen Thonen der von Binisch und der hellere, chocoladenfarbene Thon von Krazák in Croatien. Neben den 50procentigen und noch höher stehenden Thonen von Johnsdorf bei Krönau in Mähren aus der Charlottengrube, ist der daselbst aus der Annengrube nur 20procentig, und gilt dasselbe zum Theil von den geringern Sorten des Blanskoer Thones.

Siebente Klasse: Thon von Niederpleis a. d. Sieg. — Hierher gehört eine zahlreiche Menge von Thonen, die meisten sonst nicht hervorragenden Braunkohlenthone.

Solche Thone finden sich überall, wo die Braunkohlenformation auftritt, bald über, bald unter einer Braunkohlenschicht, wie auch getrennt davon und in weiter Entfernung. So z. B. in den Ausläufern des Siebengebirges bei Bonn zu beiden Seiten des Rheines.

Als Repräsentant ist analysirt ein Thon von daher, von Niederpleis a. d. Sieg, wie er im Durchschnitt vorkommt. Die Probe wurde weder einer reinsten, thonreichsten Lage, noch auch einer sichtbar unreinen, merklich eisenschüssigeren oder sanderfüllten

entnommen, sondern zwischen beiden bezeichneten in der Mitte heraus von verschiedenen Stellen.

Mineralogische Beschreibung. Ist von grünlich-grauer Farbe. — Fühlt sich zart und sehr fettig an. — Schneidet sich ohne Knirschen; die Schnittfläche ist fettig-glänzend. — Der Bruch zeigt geglättete Ablösungen. — Zerfällt im Wasser ganz allmählig ohne merkliches Zischen; gibt damit angefeuchtet eine sehr bindende und anhaftende Masse.

Knirscht beim Reiben nicht bedeutend. — Braust nicht mit Säure. — Enthält merklich Eisen und Kalk; im Ganzen wenig. — Pflanzliche Reste finden sich sparsam eingemengt. — Schwärzt sich beim Glühen über der Lampe und wird dann hellgeblich.

Zugehörige Thone. Aehnliche Thone finden sich unter den schon mehrfach angeführten Thonablagerungen im Ahrthal, in der Umgegend von Coblenz, von Vallendar, in Hessen-Nassau, in der Pfalz, in Belgien u. s. w. Kurz da, wo als Begleiter der Braunkohle feuerfeste Thone vorkommen, die aber immer schon dem äussern Ansehen nach als reinere und fette sich charakterisiren.

Unter den Thonen der Wiener Ausstellung begegnete man einer grösseren Menge solcher Thone und nenne ich hier unter den bekannten den Mirower Thon in Polen, der theils auch höher zu placiren, und eine Reihe von Thonen aus der Braunkohlenformation bei Eger, ferner eine Sammlung von Tertiärthonen der Herrschaft Wittingau, den Müglitzer in seinen geringern Qualitäten und schliesslich vereinzelte Thone von Jounec bei Warasdin in Croatien.

Zusammenstellung der Analysen der Normalthone.

	I. Klasse. Thon von Saarau No. I, ausgesucht reinste und strengflüssigste Varietät. Repräsentant der Steinkohlenthone.	II. Klasse. Geschlämmter Kaolin von Zettlitz in Böhmen. Repr. der Kaoline.	III. Klasse. Bester belg. Thon zweite Linie von Strud-Maiseroul bei Andenne. Repr. der besten belgischen Thone.	IV. Klasse. Thon v. Mühlheim bei Coblenz, beste Durchschnittsqualität. Repr. von Thonen die gut feuerfest.	V. Klasse. Thon v. Grünstadt in der Pfalz, ausgelesene Sorte. Repr. kaolinartiger Thone auf secund. Lagerstätte.	VI. Klasse. Thon v. Oberkaufungen bei Cassel. Repr. mittelmässig. Braunkohlenthone.	VII. Klasse. Thon v. Niederpleis a. d. Sieg. Repr. gewöhnlich. Braunkohlenthone.
Thonerde	36,30	38,54	34,78	36,00	35,05	27,97	28,05
Kieselsäure, chem. geb.	38,94 } 43,84	40,53 } 45,68	39,69 } 49,64	41,00 } 47,74	39,32 } 47,33	33,59 } 57,99	30,71 } 58,32
„ als Sand .	4,90	5,15	9,95	6,74	8,01	24,40	27,61
Magnesia	0,19	0,38	0,41	0,33	1,11	0,54	0,75
Kalk	0,19	0,08	0,68	0,40	0,16	0,97	0,72
Eisenoxyd	0,46	0,90	1,80	2,57	2,30	2,01	1,89
Kali (vorherrschend) .	0,42	0,66	0,41	1,05	3,18	0,53	1,39
Glühverlust	17,78	13,00	12,00	11,81	10,51	9,43	8,66
	99,18	99,24	99,72	99.90	99,64	99,44	99,78
Wasseranziehung des bei 100° C. getrockneten Thones, erreichtes Maximum	3,26	8,90	10,73	10,46	7,43	6,88	6,55
Formel für die Zusammensetzung	19,25 (Al^2O^3, 1,38 SiO^3) + RO	12,82 (Al^2O^3, 1,35 SiO^3) + RO	6,86 (Al^2O^3, 1,63 SiO^3) + RO	5,96 (Al^2O^3, 1,51 SiO^3) + RO	3,65 (Al^2O^3, 1,54 SiO^3) + RO	4,73 (Al^2O^3, 2,37 SiO^3) + RO	3,89 (Al^2O^5, 2,37 SiO^3) + RO
Feuerfestigkeitsquotient[1] .	13.95	9,49	4,21	−3,95	−2,37	−1,86	−1,64
Grad der Feuerfestigkeit	100 (höchst feuerfest)	70—60 (vorzgsw. feuerf.)	50 (sehr feuerfest)	45 (gut feuerfest)	ca. 30 (mässig feuerf.)	20 (zieml. feuerfest)	10 Proc. (wenig aber noch feuerf)
Grad des Bindevermögens	1—2 (kaum bindend)	3 (wenig bindend)	10—11 (höchst bindend)	9—10 (vorzügl. bindend)	8 (sehr bindend)	9 (fast vorz. bind.)	8—9 (fast vorz. bind.)

[1]) Ueber dessen Berechnungsweise, Bedeutung, Werth u. s. w. findet sich im nächsten Kapitel die ausführliche Angabe.

Drittes Kapitel.

Untersuchung des Thones.

Chemische, physikalische und pyrometrische Untersuchung. Pyrometer.

Der enorme Varietätenreichthum, den die Thone überhaupt und zum Theil auch die feuerfesten, wenn auch bei Weitem nicht in demselben Maasse zeigen, lässt es schwierig erscheinen, sieht man von deren allgemeinen, einen Hinweis immerhin abgebenden Charakterisirung ab, ebenso untrügliche als durchgreifende äussere Kennzeichen für deren Brauchbarkeit aufzustellen. Dazu kommt, dass der Maassstab stets ein relativer und je nach den sehr verschiedenen Anforderungen überhaupt ein verschiedenartiger ist.

Der Natur der Sache nach lassen sich weit eher negative Merkmale anführen, welche die Unbrauchbarkeit eines Thones zu feuerfesten Zwecken fast zur Gewissheit machen. Alle in grösserer Menge sichtbar vorhandenen Beimischungen, mit Ausnahme von fein zertheilter Kohle, wie Quarz und Quarzsand im relativen Sinne, beeinflussen die Güte eines feuerfesten Thones in der Regel bis zur Untauglichkeit. So gehören die Thone mit zahlreichen Resten von Gesteintrümmern, — seien sie unzersetzte des Muttergesteins oder gar fremdartige, ferner die mit Kalkknötchen, Dolomit, Speckstein, Gypstheilen, Eisenerz- und Schwefelkiesanhäufungen wie die merklich eisenroth, schmutzig gelb, deutlich grün u. s. w. gefärbten und in Folge davon roth, stark gelb, schmutzig oder durch und durch fleckig sich brennenden — zu den stets wenig strengflüssigen, ja gewöhnlich entschieden leicht schmelzbaren.

Will man im entgegengesetzten Sinne positive Zeichen angeben, welche die Reinheit eines Thones schon beim Anschauen bekunden, so ist eine grosse Homogenität der Masse immer eine günstige Eigenschaft. Die Homogenität aber wie zugleich eine grosse Feinheit der Masse offenbart sich durch einen muscheligen

Bruch der trocknen Thonmasse oder eine sich zeigende Neigung dazu. Ferner sind empfehlungswerthe Anzeichen, wenn die Thonmasse glänzende, geglättete Ablösungen oder Eindrücke oder beim Schneiden eine lebhaft fettig-glänzende Schnittfläche (reicher Thonerdegehalt) beobachten, oder wenn sie ein hornartiges Ansehen oder Durchscheinen an den Rändern erkennen lässt.

Untersuchungsmethoden.

Gehen wir über zu der verschiedenen Prüfungs- oder Untersuchungsweise der Thone, so kann dieselbe von dreierlei Art sein:

1) eine chemische,
2) eine physikalische mit verschiedenen Aufgaben und
3) eine pyrometrische.

I. Chemische Untersuchung.

Die chemische Untersuchung kann sein eine nur qualitative oder eine quantitative Analyse, und ferner noch im Gegensatze zur empirischen Analyse, die rationelle.

Qualitative Untersuchung. — Die qualitative Untersuchung hat ihr Augenmerk zu richten auf die in Minimalmengen theilweise stets vorkommenden und bei quantitativen Bestimmungen mitunter übersehenen löslichen Bestandtheile der Thone, wie: schwefelsaure Salze (Gyps- und Eisenvitriol), Chlorverbindungen (Kochsalz und Salmiak) und Extractivstoffe oder die fast nie fehlende organische Materie.

Durch Kochen mit Wasser und längeres Absetzen und Filtriren lassen sich die angeführten Substanzen in dem klaren Wasserauszuge mit bekannten Reagentien und Mitteln leicht nachweisen. Durch Digeriren mit Salzsäure geben sich fast in allen Thonen zu erkennen, ausser reichlich Thonerde und etwas Kieselsäure, das Eisen, der Kalk, die Magnesia, ein Theil der Alkalien und zuweilen Phosphorsäure.

Gekocht mit kohlensaurer Natronlösung wird eine reichliche Menge Kieselsäure gelöst, die zuweilen stark gefärbt erhalten wird.

Werden die Thone andauernd mit wenig verdünnter Schwefelsäure erhitzt, zuletzt bis zur Verdampfung des Hydrats, so wird der thonige Theil vollständig unter Abscheidung fast aller Kieselsäure zersetzt.

Einen praktischen Werth erhält die qualitative Untersuchung erst, wenn damit eine wenigstens annähernde quantitative Schätzung verbunden wird.

Quantitative Untersuchung. — Hinsichtlich der quantitativen Untersuchung verweise ich auf die in den analytischen Lehrbüchern angegebenen Methoden, worunter das bekannte Werk von Fresenius „Quantitative Analyse“ und darin speciell die Analyse der Thone, um so mehr hervorzuheben, als der berühmte Autor und Analytiker bereits vor 20 Jahren in seiner chemischen Untersuchung einiger der wichtigsten „Nassauischen Thone“ eine in Bezug auf die gründliche Art der Untersuchung einzig dastehende Arbeit lieferte.

Gang der Analyse nach Richters. — Ich beginne mit dem abgekürzten Gang, den Richters bei seinen Thonanalysen befolgte.

3—4 Grm. des bei 120° C. getrockneten Thones werden mit Fluorwasserstoffsäure aufgeschlossen und die auf bekannte Weise aus den Fluormetallen erhaltene salzsaure Lösung der schwefelsauren Salze in drei gleiche Theile getheilt. In dem einen bestimmt man die Thonerde, den Kalk und die Magnesia. (Fällung der ersteren nebst dem Eisenoxyd durch Ammoniak, Fällung des Kalkes im Filtrat durch oxalsaures Ammoniak und darauf folgende Fällung der Magnesia als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia u. s. w.)

In dem 2. Theile der Lösung wird das Eisenoxyd durch Zink reducirt, mit Chamäleon titrirt und die berechnete Menge Eisenoxyd von dem Gewichte des durch Ammoniak erhaltenen Niederschlags von Thonerde und Eisenoxyd in Abzug gebracht. Der 3. Theil der ursprünglichen Lösung dient zur Bestimmung der Alkalien. Schwefelsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Magnesia werden zu diesem Behufe durch eine durchaus reine, in geringem Ueberschuss angewandte Lösung von Aetzbaryt gefällt. Das Filtrat wird mit kohlensaurem Ammon bei gelinder Wärme behandelt und der Niederschlag abfiltrirt, die Flüssigkeit eingedampft, der Rückstand zur Verflüchtigung des Salmiaks schwach geglüht und mit Wasser aufgenommen. Die Lösung wurde wiederum, zur Entfernung der letzten Spuren gelöst gebliebener Erden, mit kohlensaurem Ammon behandelt, endlich eingedampft und der Rückstand ganz schwach geglüht. Die auf diese Weise rein erhaltenen Choralkalimetalle werden gewogen und das Chlorkalium vom etwa vorhandenen Chlornatrium durch Platinchlorid getrennt.

Zur Ermittelung der Menge der als Sand vorhandenen Kieselsäure wird 1 Gramm des getrockneten Thones 12 Stunden lang bei 250—300° C. mit ziemlich concentrirter Schwefelsäure in einer Platinschale erhitzt, der Inhalt derselben darauf mit Wasser verdünnt, die abgeschiedene Kieselsäure mit dem Sande abfiltrirt und ausgewaschen. Beide werden mit siedender, ein wenig Aetznatron enthaltender Sodalösung wiederholt behandelt, bis letztere abfiltrirt, mit Salmiak keinen Niederschlag mehr gibt; der auf diese Weise

rein erhaltene Sand wird auf einem Filter gesammelt, ausgewaschen. getrocknet, geglüht und gewogen. Die Gesammtmenge der im Thone enthaltenen Kieselsäure wird durch Aufschliessen von 1 Gramm des getrockneten Thones mit kohlensaurem Natronkali u. s. w. auf bekannte Weise bestimmt, der Gehalt an gebundenem Wasser durch Glühen des gleichfalls getrockneten Thones bis zum Constantbleiben des Gewichts gefunden.

Aron's Methode. — Die Methode, die Aron bei seinen Thonanalysen befolgte, findet sich kurz beschrieben Notizbl. VIII, S. 294. Aron füllte die von der Kieselsäure nach deren Aufschliessung abfiltrirte Flüssigkeit zu einem Liter auf und nahm dann in je 200 oder 300 cc. die verschiedenen Einzelbestimmungen vor.

Gang der Thonanalyse des Verfassers. — Bei meinen Thonanalysen wählte ich nachstehenden Gang: Von der regelrecht und richtig aus mindestens einigen Pfunden dargestellten Durchschnittsprobe des lufttrockenen Thones werden, nachdem eine hinreichende Menge in dem Achatmörser auf das Allerfeinste zerrieben und dieselbe gesiebt worden ist, 5—6 Portionen [1]) von ca. 1—2 Gramm abgewogen.

Das hygroskopische Wasser wird durch vorsichtiges längeres Trocknen bei einer Temperatur bis zu 120° C. [2]), bis zwei eine Stunde aus einander liegende Wägungen übereinstimmen, ermittelt und darnach die Probe zur Bestimmung des Anziehungswassers unter eine Glocke in eine feuchte Atmosphäre gebracht und nach etwa 8—10 Tagen wiederholt gewogen, bis das Maximum der Gewichtszunahme erreicht wird. Hierauf fand ich den Totalglühverlust resp. Wasser, Organisches und Flüchtiges durch heftiges (bei grösserem Kohlengehalt länger fortgesetztes) Glühen, bis das

---

[1]) Die abgesonderten Bestimmungen sind aus doppeltem Gesichtspunkte zu rechtfertigen und in gewisser Hinsicht empfehlenswerth. Zuerst ist das Augenmerk auf die möglichst absolute Bestimmung der Thonerde zu richten, resp. deren reine Abscheidung und vollkommenste Auswaschung, welche letztere bei der Kieselsäure nicht minder streng zu beachten ist; ferner sind die bekanntlich in relativ meist sehr geringfügiger Menge vorkommenden aber immerhin mit entscheidenden Beimengungen von Magnesia, Kalk, Eisen, Alkalien schärfer zu ermitteln aus Bestimmungen, welche einzig die strikte Abscheidung der einen Substanz bezwecken.

Besteht ein Thon aus einem augenscheinlichen Gemenge von Thon und Sand oder sonstigen gröberen auch sandartigen Theilen, so empfiehlt es sich als sehr zweckmässig, vor der chemischen Analyse erst eine mechanische anzustellen. Man sehe die Abhandlung von Fresenius im Journal für praktische Chemie, Bd. LVII, S. 65.

[2]) Die früher von mir gewählte Temperatur von 110° ist nicht ausreichend genug.

Gewicht constant blieb, wozu entweder dieselbe oder eine neue Portion diente.

Zeigte sich eine grössere Beimengung von Kohle, so wurde dieselbe indirekt ermittelt. 1 Gramm des Thonpulvers wurde in einem Kohlentiegel dicht eingeschlossen, letzterer ebenso in einem zweiten und alsdann 15 Minuten geglüht. Aus der Differenz mit der Bestimmung des Totalglühverlustes berechnete sich hiernach der Kohlengehalt.[1])

Nach der von Gintl (Polytechn. Journal Bd. CLXXXIX, S. 234) angewandten einfachen und desshalb sich empfehlenden Methode zur Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in Graphitsorten vermochte ich keine übereinstimmenden Resultate zu erhalten.

Eine neue, vorher scharf getrocknete Menge wird alsdann zur Bestimmung der Kieselsäure in der bekannten Weise mit der 5- bis 6fachen Menge trockenen kohlensauren Natron-Kalis versetzt und im Platintiegel durch allmähliges einstündiges bis zur völligen Schmelzung gesteigertes Glühen aufgeschlossen.

In der mit Wasser aufgeweichten und sorgfältig mit Salzsäure versetzten Masse scheidet sich die Kieselsäure aus der klar werdenden salzsauren Lösung ab.

Nach völligem Eindampfen im Wasserbade wird die Masse einige Minuten lang in einem heissen Luftstrome unter Umrühren stärker erhitzt, dann mit mässig concentrirter Salzsäure durch und durch angefeuchtet eine Stunde stehen gelassen. Hiernach wurde sie auf dem Wasserbade erwärmt und nach Verdünnung 4—5 mal digerirt[2]) und decantirt, wobei auf die von der klar abgegossenen Flüssigkeit zurückgebliebene Kieselsäure 2—3 mal einige Tropfen Salzsäure gegossen werden; alsdann wird die Kieselsäure auf ein Filter gebracht und schliesslich heiss ausgewaschen, bis die angestellte Uhrglasprobe keinen oder keinen grösseren Rückstand, als das destillirte Wasser zeigt.

Bei der so erhaltenen und nach möglichst starkem Glühen wiederholt gewogenen Kieselsäure darf nicht versäumt werden, sie mit Flusssäure[3]) zu behandeln und im seltenen, bei kieselreichen Thonen vorkommenden Falle, dass ein merklicher Rest (von mehreren Milligrammen) verbleibt, wurde derselbe quantitativ und eventuell qualitativ bestimmt.

[1]) Man kann zu dem Zwecke auch den ausgetrockneten Thon erhitzen bis zum Glühen in einem Kohlensäurestrom.

[2]) Das erste Mal wird die Flüssigkeit gehörig aufgekocht und man lässt die Kieselsäure sich völlig absetzen.

[3]) Eine Prüfung der Kieselsäure auf ihre Reinheit mittelst kohlensaurem Natron ist mit Fehlern verbunden, cf. Rammelsberg, Berichte der deutschen chem. Ges. zu Berlin 1872, No. 19.

Das Filtrat wurde stets mit einigen Tropfen rauchender Salpetersäure aufgekocht und dann in bekannter Weise die Thonerde nebst dem Eisenoxyd aus der heissen ziemlich verdünnten Lösung durch ganz wenig überschüssiges Ammoniak gefällt; die Flüssigkeit wird dann so lange siedend erhalten, als noch Ammoniak zu riechen ist, wonach man unter anfänglichem Luftabschluss mit warmem Wasser bis zur 20,000fachen Verdünnung decantirt. Das abgegossene Waschwasser lasse ich sämmtlich durch das Filter laufen und der Thonerdeniederschlag wird schliesslich auf dasselbe gespült, um mit kochendem Wasser das Auswaschen zu beendigen.[1])

Bei den letzten Analysen bediente ich mich des Bunsen'schen Schnellfiltrirapparates mit dem besten Erfolge und wesentlicher Zeitersparniss; das Auswaschen wurde dabei bis zum 12fachen Volum des Thonerdeniederschlages fortgesetzt, stets aber das Filtrat geprüft, ob es chlorfrei (resp. frei von Salmiak) war.

Das Glühen der Thonerde nebst dem Eisenoxyd geschieht mit Vorsicht in einer hinreichend heftigen Oxydationsflamme und sie wird gleichfalls wiederholt gewogen.

Zur Controle der Reinheit der Thonerde schmelze ich dieselbe mit schwefelsaurem Natron, nachdem die harten Stückchen unter Wasser auf das Allerfeinste zerrieben worden.

Die Schmelze wird durch Digestion mit einer reichlichen Menge Wasser gelöst; der alsdann bleibende Rückstand wird, sofern er nicht flockig ist, nochmals mit verdünnter bleifreier Schwefelsäure erhitzt, dann bis zur völligen Concentration abgedampft und wieder in einer sehr reichlichen Wassermenge gelöst, wobei sich die Kieselsäure in wolligen Flöckchen ausscheidet. Dieselbe wird abfiltrirt, ausgewaschen und gewogen, und deren Menge, wenn sie sich mittelst Flusssäure als rein erweist, in Abzug gebracht und der oben gefundenen Quantität zugerechnet.[2]) Das Filtrat von Thonerde wurde wegen der sehr grossen Verdünnung nicht weiter benutzt.

Zur Ermittelung der nicht chemisch gebundenen Kieselsäure oder der Sandbeimengung wie der Menge des Kalkes, der Magnesia und des Eisens, wird eine neue Portion von ca. 2 Gramm mit einer reichlichen Menge ziemlich concentrirter reiner (blei-

---

[1]) Sammelt man das erste Filtrat für sich, säuert es an und dampft es ein, so gibt zuweilen Ammoniak einen neuen wenn auch sehr geringen flockigen Niederschlag von Thonerde mit Spuren von Kieselerde, selbst wenn das Eindampfen in einem Platingefäss stattfindet. Beim Eindampfen in einer Porzellanschale ist der Niederschlag beträchtlicher.

[2]) Diese Correctur ist für eine recht genaue Feststellung des Verhältnisses zwischen Thonerde und Kieselerde erforderlich.

freier) Schwefelsäure wiederholt und andauernd 12 Stunden lang in einem nicht zu engen Platintiegel erhitzt, bis die überschüssige Säure fast, aber nicht völlig abgeraucht, alsdann gehörig verdünnt und digerirt, das Klare abgegossen, der Rückstand nochmals mit Schwefelsäure aufgekocht und endlich die abgeschiedene Kieselsäure nebst dem Sande auf einem getrockneten und gewogenen Filter abfiltrirt. Völlig rein ausgewaschen, getrocknet und gewogen kann dieselbe zur wechselseitigen Controle dienen; jedoch wird dabei häufig, bei sehr thonerdereichen Thonen in der Regel, ein kleiner Ueberschuss gefunden (zuweilen von durch die Schwefelsäure nicht zersetztem Mineral herrührend), welchen ich, sobald er 1/2 bis höchstens 1 Procent nicht überstieg, vernachlässigte. Betrug der erhaltene Ueberschuss mehr, so wurden ergänzende Bestimmungen mittelst Aufschliessens durch Flusssäure vorgenommen.

Aus dieser Kieselsäure, welche vorher nicht zu glühen, sondern bei 100° C. zu trocknen ist,[1] wird der Sand abgeschieden durch drei- bis viermaliges[2] Einkochen mit gelöstem kohlensauren Natron, bis sich eben ein Salzhäutchen zu zeigen beginnt, aber nicht weiter. Hierauf wird verdünnt und bis zur völligen Klärung stehen gelassen, wonach erst der Sand, der ein vorwiegend körniges Ansehen haben muss, auf das Filter kommt.

In dem reichlich verdünnten und mit einigen Tropfen Salpetersäure (was nie zu versäumen) vorher aufgekochten Filtrat von der Gesammtkieselsäure, fiel nach allmähliger Sättigung mit zweifach kohlensaurem Natron das Eisenoxyd und die Thonerde nieder, wobei der Kalk, die Magnesia und allenfallsige kleine Mengen von Mangan als Bicarbonate in Lösung gingen.

Hierauf werden in bekannter Weise in der angesäuerten und der genügend eingeengten Flüssigkeit die weiteren Bestimmungen ausgeführt mittelst oxalsaurem Ammoniak, phosphorsaurem Ammo-

---

[1]) Zur Berechnung der Kieselsäure dient ein abgewogener aliquoter Theil von dem bei 100° C. getrocknetem Gemenge, welcher scharf geglüht wird.

Bei einem vorher geglühten Gemenge von chemisch gebundener und mechanisch beigemengter Kieselsäure wird der Sand resp. die in kohlensaurem Natron unlösliche Kieselsäure meist in grösserer, mitunter sogar in beträchtlich grösserer Menge gefunden.

Die Temperatur der Glühhitze ist dabei nicht etwa allein bestimmend. Von zwei Thonen, deren so erhaltene Gesammt-Kieselsäure gleich heftig geglüht worden, war bei dem einen die Löslichkeit der Kieselsäure in kohlensaurem Natron wesentlich vermindert, dagegen bei einem anderen nur wenig. cf. fernerhin Rammelsberg l. c. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1872, No. 19.

[2]) Bei sehr sandreichen Thonen setzt man das Kochen mit kohlensaurem Natron so lange fort, bis Salmiak keinen Niederschlag mehr gibt.

niak u. s. w. unter den üblichen Vorsichtsmaassregeln und Stehenlassen der Fällungen während beiläufig 24 Stunden. [1])

Der Eisengehalt wird maassanalytisch ermittelt; [2]) nachdem nämlich aus dem frischen jedoch ausgewaschenen, von der Sandbestimmung herrührenden Eisenoxyd- und Thonerdeniederschlag der grösste Theil der Thonerde mittelst Kali abgeschieden war, wurde derselbe in Salzsäure gelöst, chlorsaures Kali zugesetzt, das Chlor vollständig ausgekocht und nun mittelst eben überschüssigen Normal-Zinnchlorürs in stark saurer und kochender Lösung, zuletzt mit Jodlösung, das Eisen bestimmt.

Zu einer zweiten Controlbestimmung diente in gleicher Weise der von der nachfolgenden Alkalienbestimmung abfallende Eisenniederschlag.

Die Alkalien werden in bekannter Weise, [3]) gefunden durch Aufschliessen von ca. 2 Gramm des Thones mit gasförmiger Flusssäure bis kein oder höchstens ein kohliger aber keinenfalls knirschender Absatz bei nachheriger Lösung in Salzsäure stattfand. Hierauf wurden mit reiner wenig überschüssiger Aetzbarytlösung die Schwefelsäure, Thonerde, Eisenoxyd und Magnesia abgeschieden; das

---

[1]) Versetzt man diese eingeengte Flüssigkeit mit einigen Tropfen Ammoniak, so scheidet sich bei merklich eisenhaltigen Thonen stets ein geringer, oft eigenthümlich wolliger, anfangs weisslicher flockiger Niederschlag aus, welcher vorherrschend aus Eisen besteht, nebst ein wenig Kieselerde und zweifelhaften Spuren von Thonerde. Spuren von Mangan waren darin zuweilen nachweisbar. Der Niederschlag wird obigem Eisen vor dessen Bestimmung hinzugefügt.

Die abgeklärte Kalkfällung wurde, ehe sie auf das Filter kam, nochmals mit heissem Wasser decantirt. Gewogen wurde der Kalk bei vorhandenen kleinen Mengen als Aetzkalk. — Die Magnesia wurde stets in der genügend salmiakhaltigen Flüssigkeit gefällt, die nur gelinde warm gehalten war; ausgewaschen wurde sie mit 3 Theilen Wasser und 1 Theil Ammoniak.

Versucht man das Eisen, den Kalk und die Magnesia mittelst einfacher Behandlung des Thones mit concentrirter Salzsäure und selbst bei wiederholter längerer Digestion mit derselben zu extrahiren, so fällt namentlich bei den mit Kohle (und Organischem überhaupt) stark erfüllten Thonen, die Eisenbestimmung stets und oft wesentlich geringer aus. Auch die Kalk- und die Magnesiamenge findet sich gewöhnlich etwas kleiner; während bei vorheriger Zersetzung mit Schwefelsäure und weiterem oben angegebenen Verfahren die Menge des Eisens wie der genannten Erden nicht oder nur unerheblich geringer als durch Aufschliessen gefunden wurde.

[2]) Fresenius' quantitative Analyse, 5. Auflage, S. 242 und folgende.

Das Eisen resp. das mit Sauerstoff verbundene ist im Allgemeinen in den Thonen mehr als Oxyd anzunehmen. Im Falle daneben Eisenoxydul vorkommt, ist dessen genaue Bestimmung wegen der wohl nie fehlenden beigemengten organischen Stoffe unsicher oder sehr schwierig und sind gewiss manche desfallsige Angaben zu hoch. cf. Remelé Notizbl. IV, S. 173.

[3]) L. c. S. 375 und folgende.

Filtrat der Fällungen wurde mit kohlensaurem Ammoniak bei gelinder Wärme behandelt. Nach dem Abfiltriren des neuen Niederschlages wurde die angesäuerte Flüssigkeit eingedampft, der Salmiak bei gelindem Glühen verjagt, dann der gelöste Rückstand nochmals mit kohlensaurem Ammoniak ebenso behandelt, und so wiederholt verfahren, bis die Chloralkalien rein erhalten werden.

Im Falle, dass sich Anzeichen von Titansäure erkennen lassen, wird ein etwaiger in Flusssäure unlöslicher Rückstand nebst dem sich ergebenden Thonerdeniederschlag (nachdem das Eisen abgesondert) mit saurem schwefelsaurem Kali behandelt und nach Will's Vorschrift weiter bestimmt.[1]

Die qualitative und eventuell quantitative Prüfung auf Schwefel ist in einer besonderen grösseren Portion von wenigstens 5 Gramm Thon vorzunehmen. Derselbe wird mit pulverisirtem chlorsaurem Kali und allmählig zugegossener mässig concentrirter Salzsäure (beide schwefelsäurefrei) gemengt und das Ganze gelinde digerirt, bis alles Chlor ausgetrieben. Die Schwefelsäure wird nach dem Verdampfen des Säureüberschusses in der hinreichend verdünnten Flüssigkeit durch Chlorbaryum gefällt.[2]

Die freie Thonerde — auf deren Vorhandensein bei einem gefundenen grösseren Wassergehalt zu schliessen ist und die je reichlicher sie anzunehmen, um so mehr von Wichtigkeit ist — ergibt sich durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron, Auslaugen mit Wasser, Abdampfen zur Trockne, hierauf Lösen in Salzsäure und Fällen durch Schwefelammonium.

Die freie Kieselerde oder das Kieselsäurehydrat lässt sich durch wiederholtes Auskochen von 5 Gramm des Thones mit einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Natron bestimmen.

Ueber den Werth der chemischen Analyse für die Beurtheilung eines feuerfesten Thones, oder worauf es ankommt, für die praktische Verwendung, waren die bisherigen Meinungen meistens absprechend. Höchstens räumte man ein, dass sie in einzelnen Fällen einen geringen Anhaltspunkt böte, oder legte ihr nur eine negative, keinenfalls ausreichende Bedeutung bei. Andere betrachteten sie geradezu als nutzlos, ja man konnte in mehreren Fällen die chemische Analyse mit den darauf begründeten Folgerungen statt Führerin geradezu Verführerin nennen. Ergab die Analyse eine Zusammensetzung, wonach irgend ein Thon einem vorzüglich bekannten englischen Thon im Grossen und Ganzen einigermaassen

---

[1]) Will's Anleitung zur chemischen Analyse, S. 262.

[2]) Wegen der leichteren quantitativen Prüfung zog ich diese Methode derjenigen mittelst Schmelzen mit kohlensaurem Kali und Salpeter vor.

ähnlich war, so liess man sich zu den vielversprechendsten Schlüssen verleiten, priess den Thon als einen ausgezeichnet feuerfesten an, ohne sich aber darum zu kümmern, ob beide Thone im heftigen Feuer nicht ein gänzlich verschiedenes Verhalten zeigten.

So geschah es, dass die Analyse in den fatalsten Misscredit, und wir können sagen mit allem Grunde kam. Gestanden Sachverständige der Analyse mit ihrem Aufschluss über die Zusammensetzung der Bestandtheile der Thone eine Wichtigkeit für Orientirung ja Beurtheilung und Werthbestimmung zu, so bezeichnete man in der Praxis die Analyse als einen unnützen und kostspieligen Versuch, als leere, unverwendbare Theorie, der gegenüber das Gewicht einzig auf das praktische Experiment, die wirkliche Erfahrung zu legen sei.

Dass eine solche Ansicht unrichtig, dass im Gegentheil die Analyse, wenn sie nur in der richtigen und erschöpfenden Weise ausgeführt wird, wegen Exactheit der Methode eine erste Stelle einzunehmen berufen ist, und dass sie gerade für die feuerfesten Thone die Beziehung zwischen Theorie und Praxis, welche stets zur wechselseitigen Unterstützung Hand in Hand mit einander gehen müssen, vollkommen nachzuweisen im Stande, das verdanken wir der Wissenschaft.

Aus der Zusammensetzung eines Thones oder der genauen Ermittlung der Einzelbestandtheile in ihren numerischen Beziehungen ist — wie die im zweiten Kapitel synthetisch entwickelten Verhältnisse nachweisen — in der Regel ein ganz bestimmter Schluss hinsichtlich seines Verhaltens im Feuer zu ziehen. Zwischen der Schmelzbarkeit[1]) und Zusammensetzung besteht eine gesetzmässige Uebereinstimmung.

Rationelle Analyse. — Im Gegensatze zu der beprochenen qualitativen und quantitativen Analyse, die man auch nebst der mechanischen, je einzeln die empirische nennt, und woran sich sachgemäss die Ermittelung der physikalischen Verhältnisse anschliesst, steht die rationelle Analyse, deren Aufgabe es ist, das

---

[1]) Das Schmelzen einer Masse oder der Uebergang derselben aus dem festen Zustande in den flüssigen ist mit einer Vermehrung von deren Berührungspunkten verbunden.

Der Schmelzpunkt des fertig gebildeten Endproduktes liegt wie oben bereits gesagt, etwas tiefer als die Verbindungstemperatur, ein Umstand, der, wenn er auch bei den gewöhnlichen Schmelzbarkeitsbestimmungen ausser Betracht fällt, doch da, wo es auf sehr feine Unterscheidungen ankommt, zu beachten ist.

Bei einem gewissen Hitzgrade entsteht das Aufblähen, wovon die Ursache in Gasen (Kohlensäure, Kohlenoxydgas) oder meistens im Sauerstoff (z. B. dem Sauerstoff, welcher frei wird bei Reduktion des Eisenoxyds zu Eisenoxydul) zu suchen ist.

Thonerdesilikat für sich zu ermitteln und dessen ursprüngliche chemische Constitution zu ergründen. Wenn man sorgfältig geschlämmte Porzellanerde abwechselnd mit erwärmter concentrirter Schwefelsäure und mit einer alkalischen Lösung behandelt, so löst sich der thonige Theil auf und es bleibt ein unauflöslicher Rückstand von Quarz, Feldspath u. s. w. Die Schwefelsäure enthält die Thonerde, die Alkalienlösung die Kieselsäure gelöst. Scheidet man aus diesen Lösungen die Thonerde und Kieselsäure ab, so erhält man das in der Porzellanerde enthaltene, durch vollkommene Verwitterung des Feldspaths entstandene Thonerdesilikat und durch Vergleich mit den unzersetzt gebliebenen Resten auch das Verhältniss zu den Rückständen.

Verschiedene bisher aufgestellte Formeln. — So fand Brongniart und Malaguti [1]) für den Kaolin die basische Formel

$$3\,Al^2O^3, 4\,SiO^3 + 6\,HO.$$

Ferner Forchhammer und A. Terreil

$$2\,Al^2O^3, 3\,SiO^3 + 6\,HO.$$

Fresenius berechnete in abweichender Weise aus seiner oben erwähnten Untersuchung von 5 nahe bei einander vorkommenden Thonen aus dem Nassauischen, dass der reine Thon — neutrale kieselsaure Thonerde

$$Al^2O^3, 3\,SiO^3 + 2\,HO.$$

Hingegen gab mir die Berechnung aus der Analyse von 6 Thonsorten von Audenac in Belgien die gleichfalls basische Formel

$$3\,Al^2O^3, 4\,SiO^3 + 6\,HO,$$

welche genau der von Brongniart uud Malaguti, für den Kaolin gefundenen, entspricht.

Andere von Malaguti angestellte Analysen von Kaolinen, welche Strele S. 5 in seiner Theorie und Praxis der Fabrikation des weissen Feldspath-Porzellans näher angibt, führten stets als Resultat aus einer grössern Anzahl zu den Formeln:

$$4\,Al^2O^3, 5\,SiO^3 + 8\,HO$$

und

$$Al^2O^3, 2\,SiO^3 + 2\,HO.$$

Sämmtliche Formeln für die Kaoline, wie auch die von mir für 6 Thonsorten, stimmen darin überein, dass 1 Theil Kieselsäure mehr vorhanden ist als Thonerde. Denkt man sich diesen Theil der Kieselerde fort, welcher darin ausser Verbindung anzunehmen, so geben alle diese Porzellanerden die Formel:

$$Al^2O^3, SiO^3 + 2\,HO,$$

was genau die Formel ist, welche die Zersetzung des Feldspaths gibt.

---

[1]) Dingler's Journal B. 169, S. 463.

Analyse und Feuerbeständigkeit d. h. Schmelzbarkeit in ihrer gesetzmässigen Beziehung. — Zur Beurtheilung oder Berechnung des pyrometrischen Werthes eines feuerfesten Thones aus der Analyse[1]) kommt es, wie bereits oben berührt worden, auf die beiden maassgebenden und zudem völlig ausreichenden Verhältnisse der Thonerde an:

1) das der Thonerde zu den Flussmitteln und

2) das der Thonerde zur Kieselsäure.

Die möglichst genaue Feststellung, wie viel Thonerde auf eine gewisse Menge oder ein Theil Flussmittel, sowie zugleich, wie viel Kieselsäure auf ein Theil Thonerde kommt, gibt den Maassstab zur pyrometrischen Beurtheilung des Thones.

Ist bei zwei oder mehreren Thonen bald das eine bald das andere Verhältniss vorwiegend oder zurücktretend, so lässt sich durch eine einfache Rechnung der pyrometrische Werth, ausgedrückt in einer ganz bestimmten Zahl, feststellen.

Berechnet man aus der Analyse eines fraglichen Thones die beiden bezeichneten Thonerderelationen und zwar um in der Regel ganze Zahlen zu erhalten, wie viel Thonerde auf ein Theil Flussmittel, und wie viel Kieselsäure auf ein Theil Thonerde kommt, so erhält man zwei Werthe, wovon ersterer kurzweg als das Flussmittelverhältniss und letzterer als das Kieselsäureverhältniss sich bezeichnen lässt. Reducirt man beide Zahlenwerthe für das Flussmittel- und Kieselsäureverhältniss, entweder den einen oder den andern als Einheit gesetzt, auf einen einzigen durch Division, so gibt uns der Quotient eine ganz einfache Norm für die pyrometrische, aus der Analyse eines Thones abgeleitete, Werthstellung. — Wird der erwähnte Quotient gefunden durch Division des meist kleinern Kieselsäurewerthes in den grössern Flussmittelwerth, so ist bei verschiedenen Thonen mit der grössern Zahl auch die Feuerfestigkeit proportional. Mit anderen Worten: der so gefundene Quotient[2]) steigt und fällt mit der Zunahme wie Abnahme der Feuerfestigkeit oder Schwerschmelzbarkeit des Thones. — Bei den verhältnissmässig geringern Thonen nehmen diese Quotienten nur wenig ab, bei den mittelmässigen um eine mittlere und bei den hervorragend feuerfesten Thonen um eine progressiv steigende Grösse.

---

[1]) cf. Dingler's Journal B. 200, S. 110 u. folg.

[2]) So lange die berechnete Zahl kein echter Bruch, d. h. gefunden worden durch Division des kleinen Divisors in den grössern Divident. Mit der Umkehr des Verhältnisses oder wenn der Quotient ein echter Bruch, ändern sich die Verhältnisse bis selbst zum Gegentheil d. h. mit der grössern Thonerdemenge kann alsdann die Schwerschmelzbarkeit abnehmen.

Beispielsweise sei erwähnt, dass wir so — mit etwa einzelnen hervorstechenden Ausnahmen für die vorzüglichsten bis jetzt verwendeten feuerfesten Thone — in runder Zahl den Quotient 14 erhalten. Für die reinen Kaoline sinkt derselbe hinab auf ca. 9; für die belgischen feuerfesten Thone auf 4 bis 2. — Für die besten rheinischen fetten feuerfesten Thone beträgt er ca. 4 und sinkt so für die Thone, welche am Rhein als feuerfest im Handel gelten bis auf ca. 1 und so weiter abwärts, bis die Grenze überschritten ist, über die hinaus die Thone in feuerfester Beziehung sehr geringwerthig oder werthlos werden und nicht mehr als feuerfeste gelten können.

Selbstredend setzen diese Berechnungen voraus, dass die Analyse mit aller erreichbaren Genauigkeit ausgeführt ist.

Feuerfestigkeitsquotient.[1]) — Der so berechnete Quotient, welcher wie wir wissen die Beziehung zwischen der Zusammensetzung und Schmelzbarkeit ausdrückt, zeigt uns die im Allgemeinen und in der Regel[2]) vollkommene Uebereinstimmung zwischen pyrometrischem und analytischem Resultate. Der gefundene Schmelzbarkeits-Quotient gibt nicht allein ein Maass, sondern er bildet ein Kriterium für die Genauigkeit der Gesammtbeobachtungen. Mittelst dieses Quotienten controliren sich das analytische und pyrometrische Resultat wechselseitig.

Bedeutung des Feuerfestigkeitsquotienten in technischer Hinsicht. — Die genaueste Ermittlung des Schmelzbarkeitsquotienten ist nicht bloss von theoretischem Interesse. Eine Reihe von Fabrikationen, die eine Erweichung, und wenn auch nur eine beschränkte, des Materials verlangen (so namentlich die des Steinguts oder Steinzeugs, des Porzellans u. s. w.) wie überhaupt, wenn auch im negativen Sinne, die Fabrikation feuerfester Erzeugnisse, haben

---

[1]) Die Bezeichnung Feuerfestigkeitsquotient statt der wissenschaftlichern Schmelzbarkeitsquotient wurde gewählt in Anlehnung an die Praxis, die sich dieses Ausdrucks einmal bedient.

[2]) Bei sehr kieselreichen und namentlich sehr sandreichen feuerfesten Thonen können Abweichungen vorkommen. Hier sind theils physikalische Verhältnisse in Betracht zu ziehen theils auch chemische, z. B. Gemengtheile, wie Glimmer u. s. w., welche der Beachtung oder Zerlegung entgangen. (cf. Dingler's Journal B. 200, S. 116.)

Principiell steht das erschlossene Gesetz fest, wenn auch nicht zu verhehlen, dass einzelne Schwankungen zwischen dem pyrometrischen und analytischen Resultat mitunter sich einstellen, deren Aufklärung indess nach einigem Suchen sich findet und jedenfalls die fortschreitende Wissenschaft bringen wird.

den Punkt des Zusammenschmelzens eines Thones oder Thongemenges ganz besonders zu beachten. Für letztere genannten Fabrikanten ist der Schmelzpunkt ihrer Waare ein ausserordentlich wichtiger und bedeutungsvoller, den sie, wenn auch nicht anzustreben aber um so ängstlicher zu fürchten haben, und von dessen früherem oder späterem Eintreten das blühende Gedeihen einer Fabrik abhängig sein kann.

Wenn auch rein theoretisch der Feuerfestigkeitsquotient der Ausdruck für die Formveränderung eines Thonproduktes durch Feuer ist, sofern ein durchaus homogener Fluss sich einstellt, so hat er doch in vielen Fällen, in denen diese chemische Homogenität nicht oder nur mehr oder weniger erreicht wird, einen technischen, ja praktischen Werth.

Aehnlich wie die in neuerer Zeit eingeführte und nicht wenig geschätzte Festigkeitsprüfung von Bausteinen mittelst Zerdrücken, welche nur angibt, was das Material bis auf einer der äussersten Grenzen — „ersten Riss und vollständiger Zerstörung beansprucht“ — aushält und ohne hinzuzusetzen, was von dem Material im einzelnen wirklichen Verwendungsfall sich speciell aussagen liesse — verhält es sich mit dem Feuerfestigkeits-Quotienten. Ein gleicher Grenzpunkt, oder ganz eigentlich Maximum der Leistungsfähigkeit ist der Schmelzbarkeitsquotient für den Fabrikanten feuerfester Waare d. h. der drohende, feste, absolute Merkstein und welcher sich zudem durch Objectivität der Aufstellung auszeichnet, über den hinaus das Material seinem eigentlichen Zwecke, der Feuerfestigkeit, nicht mehr dienen kann.

Entscheidende Klassification durch den Feuerfestigkeitsquotienten. — Je nachdem der aus der Analyse für irgend ein Thonmaterial berechnete Feuerfestigkeitsquotient einen echten oder unechten Bruch ergibt, lassen sich die Thone in zwei grosse Hauptklassen scheiden; in feuerfeste und solche, die es nicht sind, in schwerschmelzbare und leichtschmelzbare.

Erfahrungsmässig beträgt dieser Quotient für die Thone, welche als feuerfest im Handel gelten, über 1; während mit dem Sinken bis 1 und darunter die Thone in dieser Hinsicht um so entschiedener werthlos sind und daher nicht mehr zu den feuerfesten gerechnet werden.

So schwierig es sein würde, theoretisch einen festen Grenzpunkt zu bezeichnen und so relativ der Begriff der Feuerfestigkeit im Allgemeinen erscheint, so weiss doch die Praxis einen solchen und je nach der Anforderung um so bestimmter, hinzustellen.

2. Physikalische Untersuchung.

Anknüpfend an das in Kapitel I über die physikalischen Eigenschaften Gesagte kann die desfallsige Untersuchungsweise sich entweder nur beschränken auf äussere, vornehmlich in die Augen fallende Kennzeichen, wohin gehört: das Aussehen, die Färbung, sichtbare Verunreinigungen und Beimengungen, der Glanz, das Anfühlen und Schneiden, das Korn, dessen Gleichartigkeit, Gestalt, Grösse, wie der Bruch, die Textur und beim Thonlager als Ganzes die Struktur; oder die Untersuchung sucht tiefer zu dringen und Eigenschaften zu verfolgen, die sich der direkten Beobachtung entziehen.

Erstere Untersuchungen lassen sich auch als mineralogische Beschreibung bezeichnen; während letztere besonderer Mittel, Apparate bedürfen, um damit zu sondern, zu messen und zu wägen.

Ein Haupthülfsmittel hierfür ist die sogenannte mechanische oder die Schlämmanalyse, welche ausser der möglichsten Abscheidung des eigentlichen Thonbestandtheils, die Beimengungen, deren quantitative Vertheilung und specielle Beschaffenheit zu beurtheilen gestattet; daran schliesst sich die Bestimmung der Plasticität, womit, wie gesagt, eine ganze Reihe von Erscheinungen, bald in engerer Verbindung steht, wie das Schwinden, Bindevermögen, Cohäsion, Fettigkeit oder entgegengesetzt Magerkeit, bald in weiterer Beziehung, wie die Wassersaugekraft, Folge der Kapillarität und Porosität und die Annahme, Abgabe und der Widerstand des Wassers — alles wichtige Untersuchungsmomente. Das Verhalten der Thone gegen Wasser bildet bereits eine Anzahl von Beurtheilungsmomenten, ob dieselben darin z. B. leicht oder schwierig zergehen, oder ob unter grösserer und geringerer Klümpchenbildung, die beim Kochen alsbald zerfallen oder selbst bei lange fortgesetztem sich erhalten.

Bis jetzt ist es indess nur das Bindevermögen und stufenweise die Plasticität und das damit verbundene Schwinden, wofür wir eine methodische Untersuchungsart, welche in Zahlen ausdrückbare Vergleichungen zulässt, kennen.

a. Mechanische Analyse oder die Schlämmanalyse.

Entwicklung der Schlämmanalyse. — Türrschmiedt[1]) hat bereits den Schlämmapparat als ein für den Ziegeleitreibenden so nothwendiges Geräth bezeichnet, wie dem Hufschmied die Kneifzange ist und hält denselben für den sichersten und besten Weg, die Natur

[1]) Notizbl. V, S. 180.

der Thone kennen zu lernen er ist zugleich für die Praxis von um so grössern Werth, weil er gewissermaassen das einzige Mittel ist, den Thon in seine Bestandtheile mechanisch zu zerlegen und diese in ihrer Individualität zu studiren. Seger[1]) fügt eingehender und präciser hinzu, dass die chemische Analyse für die Kenntnisse der Eigenschaften des Thones unzureichende Aufschlüsse liefert, wenn dieselbe nicht durch eine mechanische Sonderung des Ungleichartigen durch die mechanische Analyse unterstützt wird und dass überhaupt die Nichtberücksichtigung der physikalischen Eigenschaften es ist, weshalb wir noch so mangelhafte Kenntnisse über viele Eigenthümlichkeiten der Thone haben.

Die ausgeführte Schlämmanalyse, sagt Seger, gibt nicht allein Aufschluss über die Zusammensetzung des Materials, das gegenseitige Verhältniss zwischen plastischer und nichtplastischer Substanz, sondern auch über die mineralogische und physikalische Qualität, namentlich der letzteren.

In Betreff der Schlämmapparate, die alle eine gewisse Unvollkommenheit zeigen, auch in der Natur keine Sprünge von dem Feinsten zum Groben stattfinden, sondern alle Mittelstufen vorhanden sind, legt uns Seger dar, dass eine Einigung nöthig, wo man die nicht zu umgehenden Trennungen vornimmt.

Als Thonsubstanz schlägt er demnach vor zu bezeichnen, was mittelst des bis jetzt vollkommensten Schlämmapparates, des Schöne'schen, bei der geringsten Geschwindigkeit des Wasserstromes fortgeführt wird, die sich noch mit Sicherheit bestimmen lässt; es ist dies 0,18 Mm. pro Sekunde = 20 Mm. Druckhöhe am Piezometer. Nach den von Schöne für die Fallgeschwindigkeit von Quarzkugeln im Wasser berechneten Grössen und den direkten mikroskopischen Messungen an den Schlämmprodukten seines Apparates, würde aus dieser Geschwindigkeit sich eine Maximalkorngrösse von 1,010 Mm. ergeben.

Was bei dieser geringsten Stromgeschwindigkeit nicht von dem Thone getrennt wird, zeigt nach Seger schon wesentlich von der eigentlichen Thonsubstanz verschiedene Charaktere und bezeichnet er als Schluff.

Diese Masse gibt mit Wasser einen noch ziemlich bildsamen aber kurzen Teig, welcher nach dem Austrocknen nur geringen Zusammenhalt zeigt und beim Reiben mit dem Fingernagel matt bleibt, während unter gleicher Behandlung die Thonsubstanz eine glänzende Politur annimmt. Unter diese Bezeichnung fallen alle Stoffe von einer Korngrösse zwischen 0,010 und 0,025 Mm. Durch-

[1]) Notizbl. VIII, S. 313.

messer, die bei einer Stromgeschwindigkeit von 0,10 Mm. p. Sekunde abgeschlämmt werden können.

Die folgenden gröbern Theile werden als Staubsand bezeichnet, da durch das Gefühl sich kaum noch ein sandiger Charakter erkennen lässt, während er sich physikalisch als solcher darstellt. Dem Staubsande entspricht eine Stromgeschwindigkeit von 1,5 Mm. p. Sekunde, 900 Mm. Druckhöhe am Piëzometer und eine Korngrösse von 0,025—0,040 Mm.

Als feiner Sand sind bezeichnet die Körper bis zu einem Korndurchmesser von 0,333 Mm., als grober Sand alles über dieser Grösse liegende.

Bei spätern Untersuchungen [1]) bezeichnet Seger als Schluff die Korngrösse von 0,01—0,02 Mm.; für Streusand 0,04—0,20 Mm. und als grober Sand Alles über 0,20 Mm. Korngrösse.

Ausser Seger ist es noch Aron, der sich der mechanischen Analyse zugewandt und dadurch in gleicher Weise verdient gemacht und, wie bereits oben gesagt, mit deren Hülfe sehr werthvolle Resultate in Betreff der physikalischen Eigenschaften der Thone gewonnen hat.

Benutzte Schlämmapparate. — Bei sehr sandreichen Thonen ist stets vor der eigentlichen Analyse, die mechanische auszuführen. Von dem Thon werden etwa beigemengte Steine, dann der Sand getrennt und von letzterem nach Fresenius die Quantitäten von fühlbarem, „dem Streusand" und unfühlbarem, „dem Staubsand" ermittelt oder nach Seger und Aron in weit bestimmterer Weise nach verschiedenen Korngrössen, wie sie ein langsamer oder mehr rascher Wasserstrom innerhalb gewisser Grenzen regelrecht abzusondern vermag. Fresenius benutzt den ältern von Schulze construirten Apparat zu der mechanischen Analyse der Bodenarten. [2])

Schlämmapparat von Schulze. — Derselbe, hier kurz beschrieben, besteht im wesentlichen aus einem Glase mit Ausguss von der Form eines grossen Champagnerglases von 30 Cm. Höhe und 7 ½ Cm. Durchmesser und einer 45 Cm. langen und etwa 8 Mm. weiten Röhre, die am obersten Ende trichterförmig erweitert und unten bis auf 2 Mm. verengt ist. Es können darin 33 Gramm Thon auf einmal behandelt werden.

Eines ähnlichen Apparates bedient sich Richters.

Schlämmapparat von Schöne. — Der bis jetzt am meisten vervollkommnete und empfehlenswerthe Apparat ist der von E. Schöne. [3])

---

[1]) cf. Notizbl. IX, S. 397 u. n. f.

[2]) Journ. f. prakt. Chemie 47, 241.

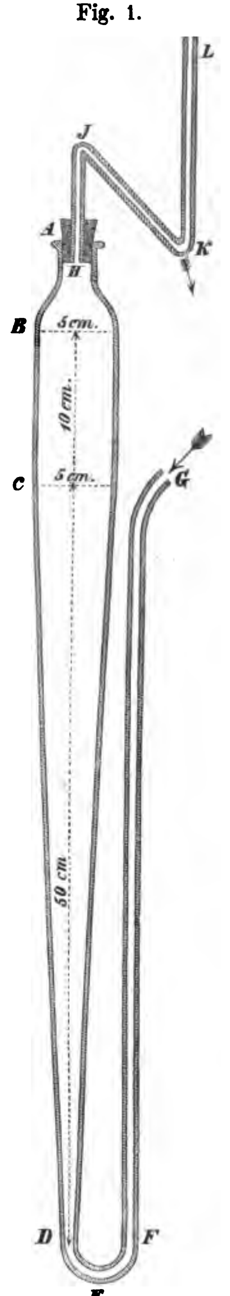
[3]) E. Schöne, über Schlämmanalyse und einen neuen Schlämmapparat. Berlin W. Müller 1867.

Man verfügt bei demselben innerhalb relativ weiter Grenze über beliebige Stromgeschwindigkeiten und kann letztere in jedem Augenblick controliren und wenn nöthig corrigiren.

Die ausführliche Beschreibung des Apparates, von W. Schütze, entnehme ich dem unten citirten Notizblatt.[1])

Der wichtigste Theil des Schöne'schen Schlämmapparates ist der conisch-cylindrische Schlämmtrichter; derselbe vereinigt die Vorzüge des Schulze'schen Champagnerglases mit denen des cylindrischen Apparates von v. Bennigsen-Förder. In Fig. 1 ist dieser Schlämmtrichter im Längsschnitt in $^1/_5$ seiner natürlichen Grösse dargestellt.

Fig. 1.



A B C D E F G bildet ein Stück. Der cylindrische Theil B C — der Schlämmraum — ist 10 Cm. lang und hat einen innern Durchmesser von möglichst genau 5 Cm. Er soll auf diese Länge rein cylindrisch sein. An ihn schliesst sich der 50 Cm. lange conische Theil C D an. Es kommt viel darauf an, dass der Durchmesser an seinem unteren Ende bei D im Lichten in keinem Fall grösser als 5, aber auch nicht kleiner als 4 Mm. sei. Gleiche Grösse soll der innere Durchmesser in der rein halbkreisförmigen Biegung bei D E F haben.

Die nach oben gebogene Zuflussröhre F G, die etwa bis dahin reicht, wo der cylindrische Theil des Trichters beginnt, kann einen grössern Durchmesser haben, doch ist dies nicht nöthig; kleiner als 5—4,5 Mm. im Lichten darf er aber nicht sein.

Von B an bis zum Halse H verengt sich der Trichter allmählig. Es ist gut, wenn der etwa 2 Cm. lange Hals cylindrisch ist; sein Durchmesser soll $1^1/_2$—2 Cm. sein. Die Wandstärke des Trichters mag dieselbe sein, wie bei den Trichtern des Nöbelschen Apparates.

Werden diese Dimensionen innegehalten, so

[1]) Notizbl. für Fabrikation von Ziegeln u. s. w. 1872. S. 188.

beträgt der Spitzenwinkel bei D etwa 5 — 6°. Derselbe ist von Schöne absichtlich so klein gewählt, damit die Verlangsamung des senkrecht aufsteigenden Wasserstromes sehr allmählig erfolge und dadurch die localen Strömungen, welche beim Nöbel'schen Apparat störend einwirkten, möglichst ausgeschlossen werden.

In diesem conischen Theil erfolgt, wie beim Schulze'schen Champagnerglase, die Zerlegung der zu untersuchenden Substanz in ihre Bestandtheile nach deren hydraulischem Werthe. Im cylindrischen Raume bleibt in allen Theilen desselben die Stromgeschwindigkeit dieselbe. Da nun von der Geschwindigkeit des Wasserstromes in diesem Raume, dem weitesten Raume des Schlämmtrichters, der hydraulische Werth des abgeschlämmten Produktes abhängt, so bezeichnet Schöne denselben als „Schlämmraum". Der letztere ist 5 Cm. weit gewählt, damit die angewandte Stromgeschwindigkeit hinreichend Gelegenheit habe, ihre Wirkung auszuüben. Es ist nicht zu empfehlen, den Schlämmraum weiter zu wählen, weil, namentlich bei sehr geringen Stromgeschwindigkeiten, desto leichter locale Strömungen entstehen, je grösser der Durchmesser des Querschnittes ist. Oberhalb B verengt sich der Trichter, die Stromgeschwindigkeit nimmt also zu und diejenigen Theile, welche bis B schwebend erhalten werden, werden aus dem Apparat durch die sogleich zu beschreibende Vorrichtung abgeführt werden.

In dem Halse des Trichters steckt mittelst eines Kautschukstopfens die an ihrem untern Ende Zförmig gebogene Röhre HJKL. Dieselbe dient — und darin, sowie in der äusserst zweckmässigen Form des Schlämmtrichters, beruht der Hauptvorzug des Schöne'schen Apparates — gleichzeitig als Abflussröhre und als Druckmesser oder Piëzometer.

Aus dem Stande des Wassers in diesem Rohre kann nämlich jederzeit die Geschwindigkeit des Wasserstromes im Schlämmraum bestimmt werden.

In Fig. 3 ist eine solche Combination von Abflussrohr und Piëzometer in halber natürlicher Grösse im Längsschnitt dargestellt. Sie bildet ein Stück und ist aus einer Barometerröhre angefertigt, deren äusserer Durchmesser 7 — 10 Mm., deren innerer aber möglichst genau 3 Mm. betragen soll.

Die Abflussröhre H J K ist bei J unter einem Winkel von 40 bis 45° gebogen; grösser darf der Winkel nicht sein. Das Knie bei J muss möglichst scharf, d. h. der Bogen möglichst kurz sein, ohne dass dadurch das Innere der Röhre verengt würde.

Das Knie bei K muss womöglich noch schärfer sein, so dass die Axe des Piëzometers K L annähernd in das Centrum der Aus-

strömungsöffnung bei K fällt. Form und namentlich Grösse der Ausströmungsöffnung sind sehr wichtig. Sie soll möglichst kreisförmig sein, abgeschmolzene Ränder und einen Durchmesser von möglichst genau 1,5 Mm. haben. Grösser als 1²/₃ und kleiner als ¹/₂ Mm. darf letzterer nicht sein. Die Oeffnung muss in jedem Fall bei der vorliegenden Stellung der Röhre am tiefsten Punkte der Biegung bei K, überhaupt so angebracht sein, dass der ausfliessende Wasserstrahl ein wenig schräg nach unten gerichtet ist (etwa wie es der Pfeil andeutet).

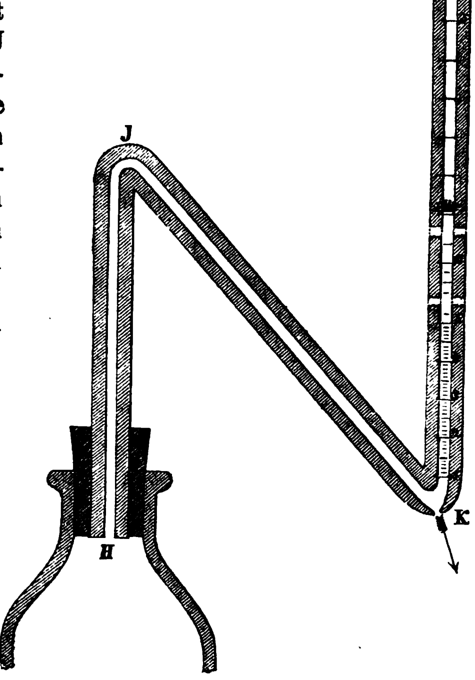


Fig. 2.

Das Piëzometer L K ist parallel dem Schenkel H J der Abflussröhre. Die Theilung auf ihm (in Cm.), die in der Zeichnung auf dem Längsschnitt (Fig. 2) projicirt erscheint, hat ihren Nullpunkt in dem Centrum der Ausströmungsöffnung bei K; sie beginnt bei dem ersten Centimeterstrich und zwar ist eingetheilt:

von 1 bis 5 Cm. in Mm.,
„ 5 „ 10 „ „ ¹/₄ Mm.
„ 10 „ 50 „ „ ¹/₂ „
„ 50 „ 100 „ „ ¹/₁ „

Die Länge des Piëzometers wird daher etwas mehr als 1 M. betragen. Die angegebenen Dimensionen des Trichters und der Combination von Abflussrohr und Piëzometer empfiehlt Schöne als die passendsten für die gewöhnliche Schlämmanalyse des Bodens. Mit ihnen verfügt man über Stromgeschwindigkeiten von 0,2—4 Mm. in der Sekunde. Diese Stromgeschwindigkeiten reichen für die Schlämmanalyse von Bodenarten auch vollkommen aus, wie ich aus der Untersuchung einer ziemlich beträchtlichen Zahl von Bodenproben bestätigen kann. Bei der Untersuchung der Thone wird aber die Stromgeschwindigkeit von 0,2 Mm. als Minimalgeschwindigkeit noch zu gross sein. Einige Versuche mit Thon und Schluffproben (deren Resultate ich vielleicht später mittheilen werde) haben mir die Ueberzeugung verschafft, dass für die mechanische Analyse der Thone noch bedeutend geringere Geschwindigkeiten anzuwenden

sein werden. Eine geringere Stromgeschwindigkeit kann nun einmal dadurch hervorgebracht werden, dass man den Durchmesser des Schlämmraumes vergrössert, was aber, wie wir früher gesehen haben, nicht zulässig erscheint, oder aber, dass man die Ausströmungsöffnung bei K verengt. Vielleicht wird es zweckmässig sein, die Oeffnung nur 1 Mm. weit zu nehmen. [1])

Fig. 3.

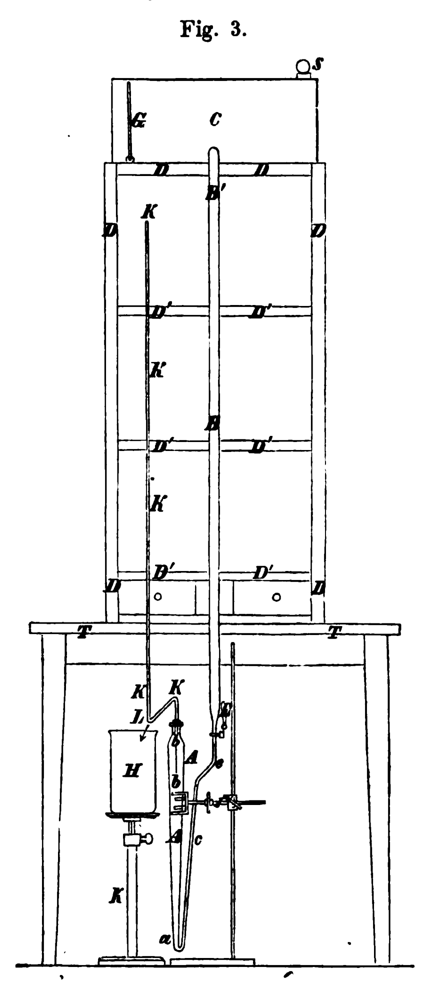


Fig. 3 zeigt, in welcher Weise die einzelnen Theile des Schöne'schen Apparates, also Schlämmtrichter, Piëzometer, Wasserreservoir und Gläser zum Auffangen der abgeschlämmten Flüssigkeit mit einander verbunden sind. Die Zeichnung stellt die Einrichtung dar, wie ich (Schütze) dieselbe zur Ausführung von Schlämmanalysen im Laboratorium der Neustädter Forstakademie benutze; sie weicht etwas, jedoch nur in unwesentlichen Punkten von der Schöne'schen Einrichtung ab.

Auf dem starken hölzernen Tisch T T ruht das Holzgestell D D; es ist mit 2 Schubladen zum Aufbewahren von Porzellanschalen u. s. w. und mit den Brettern D' D' versehen, auf welchen die mit Schlämmflüssigkeit gefüllten Bechergläser Platz finden. Auf dem Holzgestell D D ruht das aus lackirtem Blech gefertigte Wasserreservoir C; letzteres ist (nach Schöne's Angabe) ein allseitig geschlossener Kasten von 5 Dcm. Länge, 2,5 Dcm. Breite und 2 Dcm. Höhe. S ist eine durch eine Ventil- und Schraubenvorrichtung luftdicht verschliessbare Oeffnung, welche zum Einfüllen des Wassers bestimmt ist. B' B ist das mit einem Hahn E versehene Zuleitungsrohr, welches durch einen Kautschuk-

[1]) Die Anfertigung derartiger Piëzometer mit einer Oeffnung von genau bestimmter Grösse wird schon einen geschickten Mechaniker erfordern; ich würde für diesen Zweck Ch. R. Geissler in Berlin empfehlen.

schlauch e mit dem Zuleitungsrohr c des Schlämmtrichters A verbunden ist. Unten in der vorderen Wand des Reservoirs C ist ein Tubulus angebracht, in welchem vermittelst eines durchbohrten Kautschukstopfens eine senkrecht nach oben gebogene Glasröhre G befestigt ist.

Beim Abfliessen des Wassers aus C durch das Rohr B dringt durch G fortwährend Luft ein. Die ganze Vorrichtung functionirt daher wie die früher beschriebene Mariotte'sche Flasche und gestattet ein Arbeiten mit constantem Druck.

Billiger, aber weniger zweckmässig ist das von Schöne in seiner Zeichnung angegebene Nachschlussgefäss. Es ist ein viereckiger, aus lackirtem Weissblech angefertigter Kasten, der 1 M. lang, 2,5 Dcm. breit, aber nur 1 Dcm. hoch ist. Er ist zum Schutz mit einem Deckel versehen, der sich an dem einen Ende aufklappen lässt. Die Klappe hat 2,5 Dcm. im Quadrat.

J ist ein eisernes Stativ, in dessen Klammer der Schlämmtrichter A fest eingespannt ist. Mittelst eines durchbohrten Kautschukstopfens ist auf dem Schlämmtrichter A das Piëzometer K K befestigt; dasselbe wird durch eine in der Zeichnung fortgelassene an einem der Tragbretter D′D′ angebrachte Klammer in senkrechter Lage erhalten. Das Gestell J steht auf dem Fussboden des Zimmers; ebenso das auf- und niederschiebbare Stativ K, welches das Becherglas H trägt; dieses ist zum Auffangen der aus dem Schlämmapparat ablaufenden Flüssigkeit bestimmt.

Zu bemerken ist weiter noch, dass das Abflussrohr B′ B bei B′ abgeschraubt werden kann; ferner dass der Hahn E keine zu kleine Oeffnung haben darf. Derselbe muss gut eingeschliffen sein, leicht gehen und mit einem längeren Griff versehen sein, damit der Wasserzufluss sich bequem reguliren lässt, was für die Ausführung der Schlämmanalyse von grosser Wichtigkeit ist.

Endlich gehört noch zum Apparat ein kleines Sieb von 5 Cm. Höhe und 5 Cm. Durchmesser. Ueber den aus Zink- oder Messingblech angefertigten Cylinder desselben ist als Siebboden ein feines Messingdrahtnetz von der feinsten im Handel vorkommenden Sorte gelegt, welches durch einen überzuschiebenden 1,5 Cm. breiten Ring in Spannung erhalten wird. Die Maschenöffnungen des Drahtnetzes sollen Quadrate darstellen, deren Seiten genau 0,2 Mm. messen.[1])

[1]) Der Schöne'sche Schlämmapparat kann von Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin, Rosenthalerstr. 40 bezogen werden. Es kostet daselbst

1 conisch-cylindrischer Schlämmtrichter	M. 5. —.
1 Piëzometer mit Abflussrohr	„ 3. —.
1 Blechsieb „ „	„ 1. —.
1 Etui von Holz für den Schlämmtrichter und das Piëzometerrohr	„ 7. 50.

Bevor nun der Schöne'sche Schlämmapparat zur Ausführung von mechanischen Analysen verwendet werden kann, sind gewisse Vorarbeiten ein für allemal auszuführen.

Es handelt sich nämlich darum, die genaue Beziehung zwischen Druckhöhe im Piëzometer und Stromgeschwindigkeit im Schlämmraum festzustellen. Bei einer bestimmten Druckhöhe im Piëzometer hängt nämlich die Stromgeschwindigkeit des Stromes im Schlämmraum ab, einmal von dem Durchmesser des Schlämmraumes und dann von der Weite der Ausströmungsöffnung. Da ein directes Messen beider Dimensionen nicht ausführbar ist, so muss die Beziehung zwischen Druckhöhe und Stromgeschwindigkeit für jeden Schlämmraum und für jede Combination von Abflussröhre mit Piëzometer durch directe Versuche gefunden werden.

Zunächst muss der Durchmesser des Schlämmraumes bestimmt werden; bei dieser Bestimmung wird gleichzeitig untersucht, ob auch der Schlämmraum hinreichend cylindrisch verläuft. Man macht etwas oberhalb von C (Fig. 1) eine Marke mit dem Diamanten, schiebt dann auf G einen mit einem Quetschhahn versehenen Kautschukschlauch und stellt den Schlämmtrichter senkrecht in einem Stativ auf. Man giesst dann eine hinreichende Menge Wasser in den Apparat, so dass alle Luft aus FG und dem aufgesteckten Kautschukschlauch entweicht; darauf wird der Quetschhahn geschlossen und das Niveau im Schlämmtrichter genau bis zur Marke eingestellt. Aus einer Bürette lässt man sodann eine abgemessene Quantität — etwa 50 Ccm. — Wasser in den Trichter fliessen und misst darauf die Erhöhung des Niveaus entweder durch Anlegen eines Maassstabes, oder besser durch ein Kathetometer, wenn ein solches zur Verfügung steht.

Vor der Ausführung der eigentlichen Schlämmanalyse muss zunächst das zu untersuchende Material gehörig vorbereitet werden.

Enthält der zu untersuchende Körper organische Substanzen in einiger Quantität, so sind dieselben vor dem Schlämmen zu entfernen.

Die im Wasser unlösliche Humussubstanz haftet nämlich auch bei fortgesetztem Kochen mehr oder weniger fest an den rein mineralischen Gemengtheilen, wodurch dieselben specifisch leichter werden und einen andern hydraulischen Werth erhalten, als für die Schlämmanalyse gilt. Ueberdies kittet die Humussubstanz häufig mehrere Körnchen zusammen. Ferner haben die feineren Wurzelfäserchen grosse Neigung, sich innerhalb des strömenden Wassers zu verfilzen und Bäuschchen zu bilden, in denen sich mehr oder weniger Körner festsetzen und so der Schlämmthätigkeit

des Wassers entziehen. Endlich kann es auch leicht vorkommen, dass solche organische Reste die Ausströmungsöffnung ganz oder theilweise verstopfen. Bei Sandböden hat die Entfernung der organischen Substanzen keine Schwierigkeit; dieselbe wird durch einfaches Glühen an der Luft bewirkt. Bei Thonböden, wo Glühen nicht wohl zulässig ist, empfiehlt Schöne hingegen, dieselben mindestens eine Stunde mit Wasser zu kochen, welchem 1—2 Proc. freies Alkalihydrat zugesetzt ist. Bei der Untersuchung der Thonarten, welche zur Fabrikation von Ziegeln und Thonwaaren verwendet werden, dürfte eine solche Behandlung mit Alkalihydrat nur höchst selten auszuführen sein.

Ferner ist es nach Schöne in vielen Fällen nöthig, das zu untersuchende Material mit kalter, ziemlich verdünnter Salzsäure zu behandeln, um Carbonate, namentlich Kalksteintrümmer zu entfernen. Letztere werden auch bei anhaltendem Kochen nur theilweise und zwar in sehr ungleicher Weise zerbröckelt. Dazu kommt, dass manche an Kalksteintrümmer reiche Bodenarten beim Kochen mit Wasser einen Schaum geben, welcher nur schwierig zergeht und daher das genaue Ablesen am Piëzometer sehr erschwert. Es ist nöthig, nach dem Auflösen des Kalkes die Salzsäure aus dem Körnergemisch so viel als möglich zu entfernen, da ihre Gegenwart nach den Untersuchungen von Th. Scheerer [1]) und von Fr. Schulze [2]) dem Wasser eine besondere Eigenthümlichkeit gibt, welche, wie es scheint, beim Schlämmen, wenigstens soweit es die feinsten Theilchen betrifft, von bedeutendem Einfluss sein kann.

Bei kalkreichen Thonproben empfiehlt Schulze, dieselben einmal kalkhaltig und dann ein zweites Mal nach Entfernung des Kalkes zu schlämmen.

Sind die organischen Substanzen und der kohlensaure Kalk erforderlichen Falls entfernt, so wird darauf die Probe mit Wasser gekocht.

Bei Thonproben muss das Kochen mit Wasser in der Regel längere Zeit fortgesetzt werden, um eine vollständige Loslösung der Thonsubstanz von den übrigen Bestandtheilen zu erzielen.

Nach dem Kochen sind zunächst die gröberen Körner zu entfernen, weil bei den geringeren Geschwindigkeiten, mit welchen man anfangs arbeitet, die Geschwindigkeit des Wasserstromes in dem unteren engeren Theile des Trichters nicht hinreichend stark ist, um Körner von grösserem Durchmesser schwebend zu erhalten.

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. LXXXII.
[2]) Ebendaselbst Bd. CXXIX.

Dieselben würden sich zu Boden setzen und den engen Theil des Schlämmtrichters verstopfen.

Man giesst deshalb nach dem Kochen die Flüssigkeit durch das früher beschriebene Sieb mit 0,2 Mm. weiten Oeffnungen, spült alle Körner in dasselbe hinein und wäscht unter Umrühren mit einem Pinsel oder rund geschmolzenem Glasstabe so lange nach, bis das Wasser fast vollkommen klar abläuft. Durch diese Operation werden alle Körner bis zu einem Durchmesser von 0,2 Mm. zurückgehalten, und man hat kaum zu fürchten, dass auf dem Siebe etwas zurückbleibt, was in dem Apparat abschlämmbar wäre. Den auf dem Sieb verbliebenen Rückstand kann man für sich bestimmen; besser ist es aber, denselben mit dem zu vereinigen, was später im Schlämmtrichter zurückbleibt, und mit diesem gemeinschaftlich zu bestimmen.

Die durch das Sieb gegangene trübe Flüssigkeit lässt man in einem möglichst niedrigen Gefäss eine oder mehrere Stunden ruhig stehen, giesst das, was sich bis dahin noch nicht zu Boden gesetzt hat, ab und verwendet zum Schlämmen nur den Bodensatz. Die feinen suspendirt gebliebenen Theile vereinigt man dann mit den feinsten beim Schlämmen erhaltenen Theilen. Bei Abwesenheit gröberer Körner fällt das Sieben natürlich fort.

Man verbindet nun den Schlämmtrichter A, wie Fig. 3 zeigt, durch den Kautschukschlauch e mit dem Zuflussrohr B des mit Wasser gefüllten Reservoirs C. Durch mehrmaliges Oeffnen und Schliessen des Hahnes E entfernt man darauf aus e und c alle Luftblasen, die sonst beim Schlämmen höchst störend wirken würden. Mittelst eines Hebers entleert man dann den Schlämmtrichter fast vollständig und spült hierauf die Probe in den Trichter. Während des Hineinspülens muss der Hahn E so weit geöffnet sein, dass das Wasser sehr langsam zufliesst. Versäumt man diese Vorsichtsmaassregel, so wird durch Festsetzen der gröberen Körner bei a leicht ein Verstopfen des Trichters stattfinden. Zum Hineinspülen der Probe darf man höchstens so viel Wasser verwenden, dass das Niveau desselben, wenn die ganze Masse hinein gebracht ist, höchstens den Punkt erreicht, wo der eigentliche Schlämmraum beginnt. Man lässt darauf das Wasser in dem letzteren sich sehr langsam erheben. Beträgt die niedrigste Geschwindigkeit, mit der man arbeiten will, z. B. 0,2 Mm., so darf der 10 Cm. lange Schlämmraum sich höchstens in 500 Sekunden oder 8,5 Minuten füllen.

Man befestigt darauf das Piëzometerrohr k k auf den Trichter, sorgt dafür, dass beide in genau senkrechter Lage sich befinden, und bringt das Becherglas H unter die Oeffnung L. Sobald das

Wasser bei L auszuströmen beginnt, regulirt man vermittelst des Hahnes den Wasserzufluss so, dass das Niveau in der Piëzometerröhre genau den Stand einnimmt, welcher nach der vorher angefertigten Tabelle (oder Curve) der niedrigsten, im Schlämmraum zu erzeugenden Geschwindigkeit entspricht. Wegen eintretender Schaumbildung — auch nach vorgängiger Behandlung mit Salzsäure — hat das genaue Ablesen des Wasserstandes oft seine Schwierigkeiten; in diesem Falle befestigt man auf das obere, offene Ende des Piëzometerrohres einen Kautschukschlauch und bläst einige Male hinein, wodurch, was ich vollständig bestätigen kann, mit Leichtigkeit eine freie Oberfläche herzustellen ist.

Man schlämmt nun bei der niedrigsten Geschwindigkeit, welche man anwenden will, so lange ab, bis das Wasser im oberen Theile des Schlämmraums fast klar erscheint. Vollständig klar wird hier die Flüssigkeit nie werden, ausgenommen wenn die Stromgeschwindigkeit nachlässt. Ist dieser Punkt eingetreten, so setzt man unter L (Fig. 3) ein anderes Becherglas und verstärkt darauf den Wasserstrom so, dass die nächst höhere im Voraus bestimmte, am Piëzometer ablesbare Geschwindigkeit zur Geltung kommt. Man lässt wieder so lange abfliessen, bis die Flüssigkeit im Schlämmraum fast klar erscheint, bringt dann die ausgewählte 3. Geschwindigkeit zur Geltung und fährt in dieser Weise fort, bis man die gewünschte Zahl von Gruppen, deren Körner zwischen genau bestimmbaren Grenzen liegen, erhalten hat.

Bei den niedrigsten Geschwindigkeiten bis zu 0,2 Mm. genügt es, 2 Liter Flüssigkeit durch den Apparat gehen zu lassen. Für Geschwindigkeiten von 0,2 bis 0,5 Mm., von 0,5 bis 1 Mm. 4 Lit. und von 1 Mm. ab 5 Lit. Je mehr Wasser man bei jeder einzelnen Stromgeschwindigkeit verwendet, einen um so grössern Grad von Genauigkeit erreicht man. Die angegebenen Mengen genügen indessen vollkommen.

Die Bechergläser mit den abgeschlämmten Flüssigkeiten lässt man zunächst ruhig stehen — sie finden auf den Brettern D' D' einen geeigneten Platz — bis vollständige Klärung eingetreten ist; man zieht dann die klare Flüssigkeit mit einem Heber ab und spült den Bodensatz in eine kleine Porzellanschale, in welcher derselbe getrocknet und gewogen wird. Erleichtert wird das Herausspülen ausserordentlich, wenn man an Stelle der gewöhnlichen Bechergläser sogenannte Decantirgläser anwendet, die in der Höhe des Bodens mit einem Tubulus versehen sind. Die feinsten, bei der niedrigsten Geschwindigkeit abgeschlämmten Theile setzen sich nur äusserst langsam zu Boden; man wird dieselben in der Regel aus dem Verlust berechnen. Will man dieselben direct bestimmen, so

empfiehlt Schöne nach dem Vorschlag von Franz Schulze, dem trüben Wasser so viel Ammoniumsesquicarbonat zuzusetzen, dass es etwa 1—2 Proc. davon enthält.

Ich ziehe es vor, die trübe Flüssigkeit (2 Lit.) direct zur Trockne einzudampfen, wobei zuerst freies Feuer, dann aber wie bei den übrigen Schlämmprodukten das Wasserbad benutzt wird. Der im Schlämmtrichter zurückgebliebene Rückstand wird schliesslich in folgender Weise herausgeschafft. Man schliesst nach beendigter Schlämmoperation den Hahn E, entfernt das Piëzometerrohr aus dem Halter und giesst das in ihm enthaltene Wasser in ein Becherglas; man lässt dann, während man den Trichter über dem Becherglase in die senkrechte umgekehrte Stellung bringt, einen kräftigen Wasserstrom durch, bis Alles rein ausgespült ist. Dies führt man schnell aus, um zu vermeiden, dass sich der Rückstand in der Spitze des Trichters festsetze.

Von besonderer Wichtigkeit ist natürlich die Wahl der anzuwendenden Stromgeschwindigkeiten im Schlämmraum. Wenn irgend möglich, räth Schulze für die Untersuchung der Thone die geringste anzuwendende Geschwindigkeit nicht grösser als 0,01 Mm. pro Sekunde zu wählen.

Eine Scheidung der thonigen Theile von den sandigen wird selbst mit diesem Apparat im absoluten Sinne sichtlich nur annähernd oder nur bedingt erreicht. Augenscheinlich wird mit dem in dem untern Theile des Schlämmtrichters sich ansammelnden Sande feinster Thon mit niedergerissen, der nicht weiter fortgeführt wird und sich zu erkennen gibt durch eine lang andauernde milchige Trübung des so abgeschiedenen Sandes. Diese Beobachtung wurde auch von Dr. Seger gemacht und beschrieben[1]) und empfiehlt derselbe eine eigene Einrichtung, ein durchbohrtes trichterförmiges Korkstück in dem untern Theile des Schlämmtrichters anzubringen. Andernseits, beginnt man den Versuch mit einer grösseren Stromgeschwindigkeit, etwa von nur 1 Mm., so ist in dem übergehenden Thon, gesammelt und getrocknet, beim Zerreiben in der Achatschale deutlich ein Knirschen zu bemerken, und empfiehlt daher Schütze mit vollem Grunde für die mechanische Analyse der Thone die Stromgeschwindigkeit anfangs so gering als irgend möglich zu nehmen.

b. Neue Combination der mechanischen Analyse mit der chemischen.

Ferner wurde von Aron der Gedanke angeregt, auf die Bestimmung der sogenannten Thonsubstanz, d. h. also des Haupt-

[1]) Notizblatt 1873, S. 365.

bestandtheils, oder der natürlichen kieselsauren Thonerde, oder des eigentlichen Thones im chemischen Sinne, der Menge und Zusammensetzung nach das vorzüglichste Gewicht zu legen und dieselbe auszuführen auf einem Wege, wie er bisher zur Ermittlung der Formel für Kaolin von der rationellen Analyse eingeschlagen worden. Aron empfiehlt desshalb aus der durch Schlämmen erlangten Masse mittelst Salzsäure die mitübergegangenen Flussmittel auszuziehen und in dem Ungelösten durch abwechselndes Behandeln mit Schwefelsäure und Alkali das Thonerdesilikat als solches zu bestimmen.

Je gewichtiger wegen der sich daran knüpfenden besonderen Hoffnungen auf tiefer gehende Erkenntniss die Einführung einer solchen neuen Untersuchungsweise erscheint, — wobei indess ausser der womöglich genauen Bestimmung des Thonerdesilikats stets mit in Betracht zu ziehen ist, was sich daneben vorfindet, welche und wie viel accessorische, wie Mineral- und selbst zufällige Bestandtheile, — um so mehr ist es geboten, anderseits die noch zu beseitigenden Unsicherheiten einer solchen Methode zu beleuchten.

Zuerst ist das mechanische, künstliche, hypothetische Fundament einer derartigen partiellen Bestimmungsart angreifbar, das doch nie mit der chemischen Methode zu konkurriren im Stande ist und es kann vom wissenschaftlichen Standpunkte aus eine mechanische Sonderung nie vollkommen eine chemische ersetzen.

Ausser der unreinen Gewinnung der bezeichneten Thonsubstanz, wovon Aron selbst zugesteht, dass man nicht im Stande sei, durch das Schlämmen sich reine Substanz zu verschaffen, wird nicht einmal in dem Ueberschlämmten sämmtlicher eigentlicher Thon mit unzweifelhafter Sicherheit erhalten. Bei sehr schwachem Strome bleibt davon trotz wiederholten Kochens bei dem Sande und Schluff zurück und bei zu starkem Strome werden feinste nicht völlig verwitterte aber desshalb durch Schwefelsäure zum Theil zersetzbare Mineralbestandtheile mit übergeführt. Dazu kommt, dass ein völliges Zergehen der Thonknötchen bei manchen Thonen bekanntlich nicht zu erreichen ist.[1])

Nach den Bestimmungen von Seger[2]) enthielt z. B. der mittelst des Schöne'schen Schlämmapparates gewonnene Staubsand des Thones von Senftenberg noch 9,30 Procent Thonerde und der auf gleiche Weise erhaltene des Thones von Andennes sogar die bedeutende Menge von 25,32 Procent.

In mehr als einer Hinsicht entstehen so Ungenauigkeiten, verbunden mit Willkürlichkeit für die es — was sehr bedenklich — an einer Controle fehlt, wenn nicht die analytischen Bestimmun-

[1]) cf. Notizbl. III, S. 120.
[2]) cf. Notizbl. 1873, S. 109.

gen weiter ausgedehnt werden. Statt der bisherigen einen Analyse würden so 2—3 erforderlich werden, womit beiläufig bemerkt, eine solche zukünftige Thonanalyse ziemlich die dreifache Zeit, mit der man in der Praxis schon jetzt für die eine Ausführung geizt, erforderlich sein und sie auch dreifach kostbarer werden.

Wollte man selbst von den bezeichneten Unvollkommenheiten absehen, wozu noch käme, dass das vorgeschlagene Ausziehen mit Salzsäure keine vollständige Scheidung gibt, — die Alkalien werden so nur kleinentheils und der Kalk und die Magnesia nicht ganz entfernt, — und bliebe man bei der einfachen Analyse des Geschlämmten stehen, so würde man damit zweier wichtigen bisherigen Erkenntnissquellen für den technischen Werth eines Thones sich berauben: der Flussmittel und des Sandes, resp. auch der Beimengungen, welche in letzterem, in oft so beachtenswerthem Grade, zugleich mitenthalten sind.

So höchst erfolgreich zur Erforschung der physikalischen Eigenschaften die Schlämmanalyse sich bereits erwiesen, so unzureichend erscheint sie um über rein chemische Verhältnisse einen absoluten Aufschluss zu geben.

c. Bestimmung des Bindevermögens.

Das Bindevermögen, diese technisch so höchst werthvolle Eigenschaft, beruht auf der Fähigkeit der Thone, mit Wasser angemacht, andere pulverförmige oder auch grobkörnige Massen in sich aufzunehmen, und damit zusammengetrocknet ein Ganzes von gewisser mechanischen Festigkeit zu geben.

α. Mit Hülfe von Sand unter Beobachtung des Abstaubens. — Der Grad des Bindevermögens eines Thones, ausgedrückt in einer bestimmten Zahl, lässt sich mit einer für technische Zwecke genügenden Genauigkeit bestimmen durch ein Titriren des Thones mit Sand und Ermittlung des grössern oder geringern Zusammenhaltes der so gebildeten und getrockneten Gemenge. Eine solche empirische Bestimmungsweise wird auf folgende Art vorgenommen.

Man setzt zu dem mehr oder weniger fetten Thone die 1-, 2-, 3- etc. fache Menge feinsten Quarzpulvers, das durch ein stets gleich feines, etwa auf den Quadratcentimeter 500 Maschen enthaltendes Sieb gesiebt wird, mengt die Theile sorgfältig, formt daraus Proben in Gestalt kleiner Cylinder, welche mit der Zahl, die dem Sandzusatz entspricht, numerirt werden und trocknet sie genügend.

Werden hierauf die einzelnen Proben durch gelindes Streichen gegen den Ballen des Zeigefingers geprüft, so wird bei einem gewissen Zusatze stets eine Masse erhalten, welche sich abreiben lässt oder abstaubt.

Lässt man die abgeriebenen Theilchen auf ein untergelegtes schwarzes Blatt Papier fallen, so ist selbst zwischen ziemlich gleichbindenden Thonen noch ein kleiner Unterschied zu bemerken. Beim ersten kräftigeren Anstreichen findet oft ein geringes Abstauben statt, das aber sehr bald aufhört und von dem der innern Masse deutlich zu unterscheiden ist. Die Probe, welche sich in der beschriebenen Weise noch eben streichen lässt ohne leichtes und reichliches Abreiben der Theile wird, resp. deren Nummer, als Norm angenommen. Zum Beispiel zeigt bei einem Thone dessen Thontheilchen fein zerdrückt werden, wobei jedoch etwaige gröbere Beimengungen von Sand oder fremden Trümmern so viel das angeht erhalten bleiben, innigst versetzt mit dem feinsten Quarzpulver, das bezeichnete Abstauben Probe No. 10, so ist mithin das Bindevermögen (oder B) = 10.

β. Mit Hülfe von Sand unter Beobachtung der Zerdrückbarkeit. — Anstatt das Abstauben zu beobachten, dürfte auch das Bindevermögen aus der Zerdrückbarkeit oder Druckfestigkeit der mit Sand versetzten Proben zu bestimmen sein.

In ähnlicher Weise findet sich für die Prüfung der Festigkeit des Zusammenhangs für den Thon allein folgendes Verfahren (Keramik 1869, No. 11) angegeben:

Man formt Stäbe von gleichen Dimensionen, macht sie lufttrocken und schliesslich bei 20—25° C. trocken. Einen solchen Stab legt man horizontal über 2 in einem beliebigen, aber bei allen Versuchen gleichen Abstande von einander befestigte Latten und beschwert ihn in der Mitte nach und nach so lange, bis er bricht. Dieses kann auf die Weise geschehen, dass man eine ganz leichte Wagschale an dieser Stelle befestigt und darauf nach und nach Gewichte legt oder Sand einschüttet, den man nachträglich abwägt.

γ. Mit Hülfe von Wasser unter Beobachtung von dessen aufgenommener Menge. — Mehr indirect ist das Bindevermögen zu ermitteln aus der Grösse der Wasseraufnahme der Thone, wovon die fetten mehr gebrauchen, um eine bildsame Masse zu geben, als die weniger fetten oder magern. Je plastischer ein Thon ist, desto mehr Wasser bindet er, d. h. desto mehr Wasser muss man dem trocknen Thone zusetzen, um damit einen Teig von einem gewissen Grad der Weichheit zu bilden, und desto längere Zeit ist auch erforderlich, diesem Teig das Wasser zu entziehen.

Man trocknet zu dem Zwecke eine gewogene Menge des zu prüfenden Thones über Schwefelsäure mehrere Tage, bis kein Gewichtsverlust mehr stattfindet, wägt von diesem trockenen Thone 25—30 Gr. ab, bringt dieselben in ein tarirtes Becherglas und übergiesst sie mit destillirtem Wasser. Das Wasser lässt man

darauf 12 Stunden stehen, giesst den vom Thone nicht aufgenommenen Antheil gut ab, stellt das Glas dann eine Stunde über Schwefelsäure und wiegt. Es wird dabei angenommen, dass die so aufgenommene Wassermenge dem Bindevermögen eines Thones proportional sei.

Praktische Probe der Bildsamkeit. — Hinsichtlich der Verarbeitung eines Thones, bei dem es auf eine nothwendige Bildsamkeit ankommt, muss der Thon resp. ein länglich cylinderförmiges Stück desselben sich zu einem Ringe zusammen legen lassen, ohne dass es auseinander reisst und Sprünge bekommt. Formt man aus dem Thone Kugeln von verschiedener Grösse, so müssen sich dieselben ungefähr um die Hälfte ihres Durchmessers verflachen lassen, ohne an den Rändern Risse zu bekommen, und zieht man den Thon auseinander, so muss eine gewisse ductile Dehnbarkeit der Thontheilchen zu beobachten sein.

Als Maassstab zur Vergleichung der Bildsamkeit verschiedener Thone hat man die Länge von frei hängenden Fäden genommen, welche sich aus einer Henkelpresse heraustreiben lassen, bis sie durch ihr eigenes Gewicht abreissen; oder bei zwei verschiedenen Massen, die aber gleichen Wassergehalt und gleiche Feinheit haben, kann man ihre relative Plasticität bestimmen nach der Länge, bis zu welcher man einen Ballen ausrollen kann, ohne ihn zu zerreissen.

Es bleibt dies indess eine ziemlich unsichere Probe, die nur ein in solchen Versuchen sehr geübter Arbeiter mit annähernder Genauigkeit ausführen kann.

In der Praxis bezeichnet man die in hohem Grade formbaren oder bedeutend bindenden und am meisten schwindenden Thone als die fetten.

Die fetten Thone schneiden sich gewöhnlich mitt fettig-glänzender, seifiger Schnittfläche, zeigen geglättete, glänzende Ablösungen oder Eindrücke, sind angemacht schlüpfrig und stark anklebend, reissen beim Ziehen nicht sofort ab und vermögen eine grosse Menge von Magerungsmitteln, z. B. Sand aufzunehmen, während die magern, wenig bildsamen Thone, von mattem Ansehen, die sich häufig rauh anfühlen, alsbald abreissen, dagegen leicht die gewünschte durchgängige Plasticität erreichen.

Um einer magern Thonmasse mehr Bildsamkeit zu geben, wird ein Zusatz von Theer empfohlen und nach Kerpely soll man, um gebrannten Schiefer plastisch zu machen, zum Bindewasser 5 Proc. Schwefelsäure fügen und dieselben zwei Tage lang liegen lassen.

d. Bestimmung des Schwindens.

Aron, der wie bekannt, das Schwinden beim Trocknen an dem ungebrannten Material mit ausgezeichnetem Erfolge methodisch eindringend studirte, schlämmt den fraglichen Thon in dem Schöne'schen Apparat mit einer minimalen Stromgeschwindigkeit von 0,008 Mm. in der Sekunde. Nachdem in der Schlämmflüssigkeit die sogenannte Thonsubstanz sich abgesetzt, wird das Wasser mittelst eines Hebers abgezogen. Der flüssige Bodensatz wird alsdann auf ein dichtes angefeuchtetes Tuch, das über eine trockene poröse Gypsplatte gebreitet ist, gegossen, und wenn sich die Masse genügend verdickt, als ein Teig von dem Tuche entfernt. Der Teig wird nun in eine Gypsform gestrichen. Sobald die Masse in Folge beginnender Schwindung sich von der Form gelöst hat und genügend steif ist, wird sie zu einem Prisma geformt und dasselbe auf eine gewogene Glasplatte gelegt. Auf der geglätteten Oberfläche wird ein Durchmesser mittelst eines feinen Striches gezogen und von diesem durch zwei auf ihm senkrechte, der Peripherie möglichst nahe liegende feine Schnitte eine gewisse Länge abgegrenzt und diese gemessen.

Die Herstellung guter scharfer Marken erfordert besondere Sorgfalt. Als Messapparat diente Aron ein getheiltes Lineal von Messing mit Nonius, das an zwei auf einem Brette befestigten Leisten festgeschraubt war. Auf das Brett wurde die Glasplatte mit dem zu messenden Thonprisma unter das Lineal geschoben. Der Nonius trägt zweckmässig eine Loupe mit Fadenkreuz. Jede Messung ist durch Wiederholung zu controliren.

Bei Vergleichung von zwei Messungen zeigt sich, wofern die Marken gut gelungen, selten eine Abweichung über 0,1 Mm., während im anderen Falle zuweilen Abweichungen von sogar 0,3 Mm. sich zeigten.

Nachdem die Entfernung der beiden Marken festgestellt ist, wird sofort die Glasplatte sammt dem feuchten Thonprisma gewogen, woraus das Gewicht des Thonprismas allein sich ableitet, da ja die Glasplatte bereits vorher gewogen worden. Diese Messungen mit den sie begleitenden Wägungen, aus denen die Mengen verdunsteten Wassers und die ihnen entsprechenden linearen Schwindungen sich ergeben sollen, werden in möglichst kurzen Zwischenräumen gemacht.

Schliesslich wird, wenn die Wage keine wesentliche Gewichtsabnahme an der Luft mehr anzeigt, die Trocknung bei einer allmählig steigenden, schliesslich bei 130° C. andauernden Temperatur

fortgesetzt, bis das Gewicht konstant bleibt. Aus der letzten Wägung leitet sich das Gewicht des trockenen Thones ab.

So wird eine Reihe von Wägungs- und entsprechenden Messwerthen erhalten, aus denen leicht zu ersehen ist, welcher Gewichtsverlust stattfindet und wie lange noch eine Schwindung damit verbunden ist.

e. Eine Porositätsbestimmung.

Aron macht folgende „bequeme" wenn auch der wissenschaftlichen Schärfe entbehrende Bestimmung der Porosität im gebrannten Thone bekannt: Man kocht die gebrannten Proben einige Zeit in destillirtem Wasser, bis die Luft aus den Poren ausgetrieben und lässt sie dann unter Wasser abkühlen. Eine in dieser Weise mit Wasser gefüllte Probe wird dann herausgenommen, schnell oberflächlich abgetrocknet und in einer geschlossenen, tarirten Flasche gewogen. Die eingesogene Wassermenge im Verhältniss zu dem Gewicht der trocknen Probe liefert ein Maass für die Porosität. Zufällig vorhandene Hohlräume und Luftblasen, die sich gleichfalls mit Wasser vollsaugen, werden selbstredend so mitbestimmt und sind daher verschiedene Proben unter einander nach diesem Verfahren nicht zu vergleichen, aber bei Beobachtung derselben Probe in verschiedenen Brennstadien ist dasselbe ganz brauchbar. (Aron, Notizbl. X, S. 133.)

3. Pyrometrische Untersuchung.

Die Untersuchung der Thone im Feuer bildet für die Beurtheilung aller feuerfesten stets die erste Fundamental-Frage.

a. Empirische oder praktische Probe der Feuerfestigkeit.

Eine empirische oder praktische Probe, die nicht gleichzeitig eine pyrometrische, gibt es für die feuerfesten Thone nicht und gebührt dieser desshalb wie überhaupt wegen ihres unmittelbaren Resultats die erste Entscheidung. Eine solche in Fabriken feuerfester Produkte gebräuchliche empirische pyrometrische Probe ist folgende.

Man nimmt ein Stück des trocknen Thones, brennt davon die Hälfte, zerstösst jeden Theil besonders und vermischt beide innig, feuchtet das Gemenge an und formt daraus beliebige kleine Stücke, die man alsdann einem heftigen Schmiedefeuer sowohl offen als in einem geschlossenen Gefässe längere Zeit aussetzt. Je nachdem diese Probesteine — oder bei feuerfesten Fabrikaten kleine, am besten scharfkantige Stücke derselben — aus dem Ofen genom-

men, die Form mehr oder weniger erhalten, und beim Zerschlagen einen reinen Bruch, ohne Glanz, ohne Verglasung, ohne Email oder gar sonstige deutliche Zeichen von Erweichung aufweisen, um so feuerfester ist der Thon.

Selbstredend ist diese Versuchsweise abhängig von dem im Schmiedefeuer erreichten Hitzgrad und fallen demgemäss die bezeichneten Schmelzerscheinungen wie die Beurtheilung der Feuerfestigkeit des Thones verschieden aus. Für die grosse Praxis hat man im Allgemeinen als maassgebend das Porzellanfeuer in seinem stärksten Vollbrande angenommen.

Bei der desfallsigen Prüfung wird das trockne Thonpulver in einem Tiegel dem heftigsten Gluthfeuer des Porzellanofens ausgesetzt. Ist der so durchglühte Thon nach Abkühlung noch zwischen den Fingern zerreiblich, so gilt er als unbedingt feuerfest, hat er sich zu einem compacten, nicht mehr zwischen den Fingern zerreiblichen Körper zusammengezogen, ist aber der Bruch noch erdig, so gilt er als ein feuerfester Thon in zweiter Linie. Ist er so weit erweicht, dass der Bruch ein porzellanartiger, mit glänzender Bruchfläche, oder ist das Thonpulver gar zu einer Schlacke zusammengeflossen, so bezeichnet man ihn als unbrauchbar für feuerfeste Zwecke.

Ferner stellt die Technik noch mitunter aufs strengste die Anforderungen, dass ein Thon in der Hitze sich nicht werfe, nicht springe oder reisse, was durch Beobachtung geglühter scharfkantiger Proben, in Form kleiner Tetraeder zu ermitteln ist, dass er ferner von den Berührungsmitteln im Feuer, den aus dem Heizungsmaterial stammenden Beimengungen oder den nothwendigen wie Salze, Erze, Schlacke u. s. w. nicht allzusehr angegriffen wird, Fragen, welche im Kleinen auf das Experiment zu bringen, und bei günstigem Befunde endgültig durch den praktischen Versuch im Grossen zu bestätigen sind.

b. Pyrometrischer Versuch mittelst des Löthrohrs.

Die Prüfung mittelst des Löthrohrs ist schon als eine pyrometrische, wenn auch in beschränkter Weise zu bezeichnen.

Man verfährt dabei am zweckmässigsten wie folgt. Eine Durchschnittsprobe des zu untersuchenden Thones zerreibt und zertheilt man zu einem dünnen Brei in Wasser, welcher auf einen vorher gefetteten Streifen Papier gestrichen und hierauf getrocknet wird. Der thonige Ueberzug löst sich dabei in Schuppen ab, die das geeignetste Material zu den Löthrohrprüfungen abgeben. Nimmt man alsdann einen Platindraht, der an seinem Ende mit einem

Stückchen als feuerfest bekanntem Thone versehen ist, so lässt sich durch eine leise Anfeuchtung eine solche Schuppe leicht anhängen. Wird nun zuerst der Draht erhitzt und nach und nach der Thon in die Löthrohrflamme gebracht, so richtet man dieselbe zuletzt auf die zu prüfende Masse.

Bei leichter schmelzbaren Thonen erhält man auf diese Weise in 2—3 Minuten ein aufgeblähtes, schlackenartiges Kügelchen; ist er feuerfester, so widersteht er und bei schwerschmelzbaren Thonen wird bald ein Punkt erreicht, wo eine deutliche, charakteristische Veränderung nicht mehr eintritt. Schon die 10 procentigen feuerfesten Thone lassen so eine Schmelzung vor dem Löthrohr nicht deutlich genug erkennen, noch weniger die 20 procentigen und gar die 30 procentigen [1]) entziehen sich jedweder bemerkenswerthen Einwirkung in der Löthrohrflamme. Dazu kommt, dass man für diese Prüfung nur eine sehr kleine Menge in sehr dünner Form anwenden kann. Die Löthrohrprobe ist daher für geringe feuerfeste Thone anwendbar, für bessere aber, geschweige die besten reicht sie nicht aus. Für mehr als 20 — 30 procentige feuerfeste Thone sind höhere Hitzgrade zu benutzen.

c. Directe pyrometrische Prüfungsweise.

Auszuführen ist hier eine directe Prüfungsweise, beschrieben von Otto [2]) für je zwei Thone oder resp. aus demselben angefertigte gleiche Proben.

Dr. Otto, früherer Chemiker der Fabrik feuerfester Steine und Produkte von Vygen & Co. in Duisburg am Rhein, fertigt von den beiden zu prüfenden Thonen je zwei Steine von denselben Dimensionen an und setzt die so erhaltenen 4 Probesteine in einem Sefström'schen Ofen einer hohen Temperatur aus.

Der zu den Versuchen dienende Ofen (Fig. 4) hat im Lichten 30 Cm. Weite, 45 Cm. Höhe, ist mit acht schmiedeeisernen Düsen von je 7 Mm. Durchmesser versehen, welche sich in einer Höhe von 10 Cm. über den Boden befinden, und steht mit einem Gebläse in Verbindung, welches im Stande ist, dem Ofen Luftzufuhr mit einer Pressung von 15 Mm. Quecksilbersäule zu liefern. Die Luft ist in den als Regulator dienenden Mantel des Ofens so eingeleitet, dass die Pressung in allen Düsen eine gleiche ist. Die Probesteine sind aus gleichen Theilen gebrannten und ungebrannten Thones angefertigt, und werden vor dem Versuch gebrannt.

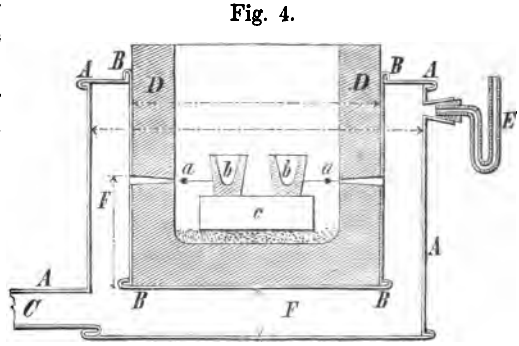
---

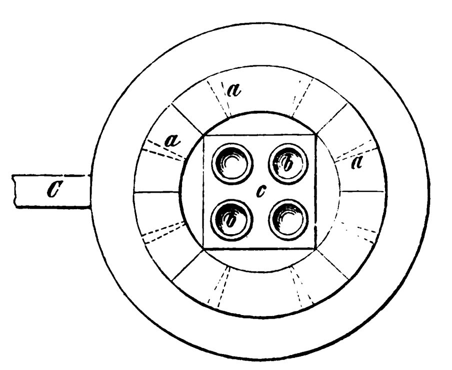
[1]) Siehe Normalthone im zweiten Kapitel.

[2]) Dingler's Journ., B. 163, S. 193.

Der Grösse des Ofens entsprechen am besten die Dimensionen 12, 7 und 4 1/2 Cm., weil man dann je zwei Steine von je zwei einander zu vergleichenden Thonen auf eine Unterlage von etwa 7 Cm. Höhe aus sehr gutem feuerfesten Material stellen kann, ohne dass der Raum zwischen Düsen und Probesteinen für das Verbrennen der Koks zu sehr beengt würde.

Fig. 4.





Vor dem Beginn des Versuchs stellt man die Probesteine der beiden zu vergleichenden Thone in der Weise, wie nebenstehende Fig. 5 andeutet, einander kreuzweise gegenüber.

Fig. 5.

a b
b a

Das Anheizen des Ofens geschieht mit Holzkohlen; später feuert man mit Koks von etwa Wallnussgrösse.

Jede Probe — sagt Otto — wird natürlich so lange fortgesetzt, bis einer der Thone stark abgeschmolzen ist. Die beiden Steine jedoch, welche aus demselben Thon verfertigt sind, müssen vollständig gleich von der Hitze angegriffen sein; sobald einer mehr gelitten als der andere aus demselben Material, so haben sich während des Blasens Düsen verstopft, die Temperatur war nicht gleichmässig und der Versuch ist zu verwerfen.

Diese sehr einfache und verhältnissmässig rasche empirische Probe hat für sich, dass sie sich unmittelbar auf die wirklichen praktischen Verhältnisse stützt, doch eignet sie sich nicht zur Erlangung einer allgemeinen Uebersicht über die feuerfesten Thone. Abgesehen davon, dass sie nur stets zwei Thone vergleichend ins Auge fasst, und vorausgesetzt immer völlig gleichmässige Verhältnisse in der ganzen Prüfungssphäre, ohne lokale Zugstörung oder lokale Verschlackung, herrührend von dem Brennmaterial, ist sie von Merkmalen abhängig, die ein möglichst ob-

jektives Urtheil, unbeeinflusst von dem jeweiligen Beobachter, beeinträchtigen können.

Grössere pyrometrische Unterschiede treten dabei wohl leicht hervor, kleinere aber verschwinden und es ist alsdann die Entscheidung oft schwierig, mitunter recht unsicher.

Das Abschmelzen der Thonfabrikate ist selten ein so scharf begrenztes oder so vollständiges, dass nicht Zweifel entstehen, welche Probe die mehr erweichte ist. Unbestimmte Uebergänge, verschiedenartige Erscheinungen, je nachdem man das eine oder das andere Merkmal in den Vordergrund stellt, weisen dem zu untersuchenden Material einen beliebig höheren oder tieferen Platz zu.

d. Indirekte pyrometrische Bestimmung.

Selbst wenn man auch über recht hohe Hitzgrade verfügt, so ist damit allein, resp. mit dem unmittelbaren Versuche, behufs übersichtlicher Beurtheilung der Thone nicht auszukommen.

Es ist nämlich überhaupt die Schwerschmelzbarkeit weniger Thone so gross, dass die Veränderungen, welche sie in höheren Temperaturen erleiden, auf ein einfaches, stetig in höherem oder geringerem Grade zu- oder abnehmendes Kennzeichen sich bebeschränken.

Die meisten selbst recht feuerfesten Thone erweichen, überziehen sich mit einer glasigen Rinde und schwellen in Folge der Entstehung grösserer oder kleinerer Hohlräume im Innern mehr oder weniger auf. Andere, deren Feuerfestigkeit eine geringere, zerfliessen vollständig zu einem glänzenden Email oder zu einem durchsichtigen, meist gefärbten Glase. So geben verschiedene Thone auch verschiedene Glühveränderungen, die untereinander sich nicht vergleichen lassen. Zeigt z. B. in demselben Feuer der eine Thon eine glasige, der andere eine emailleartige Erweichung oder zerfliesst der dritte Thon zu einem durchsichtigen oder durchscheinenden Glase und der vierte mehr zu einer undurchsichtigen Schlacke u. s. w., so ist schwierig zu entscheiden, welche Erscheinung dem leichtflüssigern Thone angehört oder welcher Thon der höher stehende ist.

Will man daher das pyrometrische Verhältniss, in dem auch selbst gänzlich heterogene Thone zu einander stehen, feststellen und das folgerichtig erhaltene Resultat durch eine Zahl, also vergleichbar mit andern, ausdrücken, so ist das nur auf einem Wege der Vermittelung zu erzielen.[1])

[1]) Bei einer Methode, die auf Vergleichung beruht, ist das Resultat ein um so verlässlicheres, je mehr es auf der Uebereinstimmung mehrerer und

Solcher indirecten und zugleich systematischen Verfahrungsweisen sind durch ihre Anwendung auf eine grössere Anzahl von Thonen drei bekannt, die nach den dabei verwendeten Mitteln sich bezeichnen lassen als die Quarzmethode, die Thonerdemethode und die aus einem Gemenge von beiden, von Kieselsäure und Thonerde.

α. Quarzmethode. — Reines Quarzpulver [1]) eignet sich zu einer vergleichenden Bestimmung der Schwerschmelzbarkeit wie des Bindevermögens eines Thones. Der chemisch reine Quarz dient hierbei als Titrirmittel. Versetzt man damit zu prüfende verschiedene Thone und unterwirft das Gemenge einem bestimmten Hitzgrade, so ist, um ein gleich strengflüssiges Produkt zu erhalten eine verschiedene Menge Quarz zu nehmen, je schwerer schmelzbar ein Thon um so weniger, wie umgekehrt um so mehr, je leichtflüssiger ein Thon ist. Die Prüfungshitze ist dabei innerhalb ganz gewisser Grenzen zu normiren. Sie darf nicht zu gering sein, auf dass überhaupt bestimmte Merkmale genügend augenfällig sich zu erkennen geben und sie darf, wegen der Gefahr des Misslingens des Versuchs, nicht zu hoch gesteigert werden, bis zur völligen Flussbildung der Probe.

Für die feuerfesten Thone von geringerer oder mittelmässiger Qualität, bei denen mit dem Kieselsäurezusatz die Empfindlichkeit besonders zunimmt, ist dieser erforderliche Hitzgrad um so eher und nicht schwierig zu treffen; dagegen für die strengflüssigsten und namentlich für die sehr kieselreichen und gleichzeitig vorzüglich reinen ist dies weit subtiler. Hier ist es unerlässlich, die Prüfungshitze bis auf den Punkt zu steigern, wo ein flüssiger Zustand der Probe fast unmittelbar eintritt. Eine Ueberschreitung findet aber innerhalb dieser alsdann engsten Grenze allzu unversehens statt, und doch darf man sich mit einem auch nur wenig geringern Hitzgrad nicht begnügen, da sonst Täuschung und eine verhältnissmässig zu günstige Beurtheilung die Folge ist.

Auch gibt es für die Quarzmethode noch einen Fall, in welchem der zu untersuchende Thon pyrometrisch unverhältnissmässig besser sich zeigt. Ist ein feuerfester Thon hauptsächlich nur durch Eisen verunreinigt und sonst bevorzugt frei von Magnesia, Kalk und Al-

abgeänderter Vergleichsmomente fusst. Eine wiederholte, zusammenfallende Uebereinstimmung derselben Momente gestattet sichere Schlüsse zu ziehen. cf. Der Verfasser Dingler's Journal 163, 128.

[1]) Man nimmt zu dem Zwecke entweder wasserhellen Bergkrystall oder reine Quarzkrystalle, die man unter heftiger Erhitzung mürbe brennt und alsdann in einem Achatmörser fein zerreibt, oder, wird ein eiserner Mörser angewendet, so ist das Pulver mit Salpetersäure zu digeriren, abzufiltriren und genügend auszuwaschen.

kalien, so wirkt der Zusatz von reinem Quarz ungleich erhöhend auf die Schwerschmelzbarkeit.

Ein solcher eisenhaltiger feuerfester Thon z. B., welcher für sich in der Prüfungshitze ziemlich leicht, gleich einem andern sonst unreinen Thone zusammenschmilzt, erscheint, wenn beide gleichmässig mit 1 oder 2 Theilen Quarzpulver versetzt werden, um mehrere Grade strengflüssiger, als der letztere.

Einer solchen möglichen Täuschung, wie der bezeichneten Subtilität entgeht man, wenn man statt des Quarzes allein ein Gemenge aus Quarz resp. Kieselsäure und Thonerde als Prüfungsmittel anwendet.

β. Methode mittelst eines Gemenges aus Quarz oder Kieselsäure und Thonerde. — Die vereinigte Anwendung beider Substanzen, der Kieselsäure und Thonerde, gestattet eine verhältnissmässig unbeschränkte Steigerung der Prüfungstemperatur, ja zur maassgebenden Bestimmung ist ein wesentlich höherer, bis zur erreichten Silikatbildung gehender Hitzgrad, hier Bedingung.

Noch einen anderen bedeutenden Gewinn aber bietet diese Methode. Bei gleichbleibenden Fehlerquellen und sonstiger gleicher Genauigkeit ist stets unter mehreren Reagentien bekanntlich dasjenige vorzuziehen, welches von hohem Gewichte oder von dem man verhältnissmässig viel für dieselbe Wirkung gebraucht. Ein solches beträchtlich massenhafter anwendbares Titrirmittel bildet ein Gemenge aus Thonerde und Kieselsäure, wodurch nicht bloss der Einfluss der Fehlerquellen ansehnlich vermindert, sondern auch gewissermaassen der Maassstab ein grösserer oder vielmehr die Ablesungsskala eine längere wird und deren Grade der Zahl nach, wie an Augenfälligkeit, gewinnen.

Anstatt des natürlichen Quarzes bedient man sich zweckmässiger gefällter chemisch reiner Kieselsäure, weil sich dieselbe im feinsten und massenhafter in reinerem Zustande darstellen lässt, indem man sie aus klarer Wasserglaslösung durch Fällung mittelst überschüssiger Salzsäure und völliges Auswaschen des Niederschlages bis zur wenigstens zwanzigtausendfachen Verdünnung sich bereitet.

Dieser wird chemisch reine Thonerde zugesetzt, welche entweder aus Ammoniakalaun, durch wiederholte Fällung mit Ammoniak und Auswaschen bis zur selben Verdünnung und zuletzt mit kochendem Wasser oder aus besonders und vollständig gereinigter Kryoliththonerde erhalten sein kann.[1]) Die auf dem Fil-

[1]) Die aus Kryolith gewonnene pulverförmige Thonerde, wie sie im Handel vorkommt, wird in einer Achatschale zerdrückt, alsdann durch ein feines Draht-

trum gesammelte und auf ihre Reinheit geprüfte Kieselsäure wie die Thonerde, wovon erstere mit Flusssäure behandelt nicht den mindesten Rückstand geben darf und letztere auf etwaige Beimengungen von Kieselsäure, Eisen, Erden, Alkalien speciell zu prüfen ist — werden hierauf unter ganz allmähliger Steigerung der Hitze in nur halb gefüllten und gut geschlossenen Tiegeln in einem Windofen wenigstens 1 Stunde lang je stark geglüht, bis zur völligen Verjagung alles Hydratwassers, und nach dem Erkalten wird sofort von jeder Substanz eine bestimmte Menge abgewogen. Beide Substanzen vertragen, wenn sie völlig rein sind, völlige Schmiedeeisen-Schmelzhitze, ja annähernde Platinschmelzhitze, ohne Zeichen von Schmelzung zu erkennen zu geben. Sie müssen alsdann noch einsaugend sein, sich lose verhalten und mit dem Fingernagel abschaben lassen.

Behufs höchst inniger Mischung werden die lose verdichteten beiden Erden in der Achatschale zerdrückt und durcheinander gerieben, hierauf nass in kleinen Portionen zu einem wenig steifen Brei angemacht und mit dem Platinspatel wiederholt innig durchgeknetet, bis daraus kleine Kuchen sich formen lassen. Diese Kuchen werden getrocknet, alsdann zerrieben und das erhaltene Pulver über der Lampe geglüht, worauf die fertige Prüfungsmasse in einer mit einem Gummistopfen verschliessbaren Flasche aufbewahrt wird.

Was das Verhältniss zwischen Kieselsäure und Thonerde angeht, so empfiehlt sich aus folgenden Gründen das von 1 Gewichtstheil Kieselsäure auf 1 Gewichtstheil Thonerde.

1. Gemenge mit vorherrschender Kieselsäure. — Will man bei der Anwendung beider Mittel die Kieselsäure vorwiegend nehmen, so tritt derselbe beschränkende Umstand, den die Benutzung der Kieselsäure allein hat, auch mit dem Vorherrschen derselben als Gemengtheil immerhin, wenn auch weniger hervor. — Die Prüfungstemperatur kann verhältnissmässig weniger hoch gesteigert werden, da um so eher ein flüssiger Zustand der Proben eintritt. Der Spielraum zwischen dem erforderlichen Hitzgrad und dem Moment, in welchem die Proben zu sehr zusammenschmelzen und damit die unterscheidenden Merkmale verwischt werden, ist ein enger. Andererseits ist aber das Beobachtungsfeld ein um so aus-

sieb von einzelnen mechanischen Beimengungen getrennt, hierauf über der Lampe stark geglüht, dann mit destillirtem Wasser übergossen und so lange Salzsäure zugesetzt, bis nach kräftigem Durchrühren und längerem Stehenlassen kein Aufbrausen (von kohlensaurem Natron herrührend) mehr stattfindet und eine deutliche saure Reaction sich zeigt. Zuletzt wird sie ebenso wie oben vollständig ausgewaschen.

gedehnteres d. h. der Abstand zwischen den besten und geringsten feuerfesten Thonen gewinnt um so mehr an Messbarkeit. Dieselbe Wirkung, welche z. B. bei den strengflüssigsten Thonen ein 1—2-facher Zusatz hervorbringt, wird bei den leichtflüssigsten erst durch einen 20fachen und noch grössern erreicht. Die Prüfungstemperatur ist alsdann begrenzter und der Moment der Ueberschreitung difficiler, aber die Messskala ist erweitert.

Mittelst eines solchen an Kieselsäure reichen Gemenges bietet sich das beachtenswerthe Mittel, um für zwei in Betreff der Schmelzbarkeit recht nahe stehende Thon noch Unterschiede augenfällig nachzuweisen.

2. *Gemenge mit vorherrschender Thonerde.* — Wählt man ein Gemenge, in welchem die Thonerde vorherrscht, so ist umgekehrt die Entscheidungstemperatur eine höhere und kann, unbeschadet eines Misslingens des Versuchs, noch ansehnlicher gesteigert werden. Die Skala verengt sich dabei und mit der grössern Thonerdezunahme so sehr, dass geringe pyrometrische Differenzen nicht mehr messbar, dass für nicht sehr merklich verschiedene Thone gewissermaassen kein Platz übrig bleibt, sie noch deutlich einzuordnen.

Das mehr basische Gemenge ist da am Platze, wo es sich um Entscheidung in den allerheftigsten Hitzgraden handelt.

3. *Schmelzpunkt des Normalgemenges für sich und versetzt mit Thon.* — Das bezeichnete Gemenge aus gleichen Gewichtstheilen chemisch reiner Kieselsäure wie Thonerde verträgt einen bis zur Schmelzhitze des Platins gesteigerten Hitzgrad, ohne zu erweichen. In völliger Schmelzhitze des Schmiedeeisens ist die Bruchfläche einer daraus gebildeten Probe noch erdig, lose, saugt Flüssigkeiten in vollem Maasse ein. Versetzt man das Normalgemenge mit einem Thon, von denen auch die bestbekannten immer noch leichtflüssiger, so ist folgerichtig die nun entstandene Mischung leichter schmelzbar und um so mehr, von je geringer Qualität der feuerfeste Thon ist. Umgekehrt ausgedrückt, je leichtflüssiger der Thon ist, um so mehr wird von der kieselsauren Thonerde gebraucht, um einen angenommenen Normalgrad der Schmelzbarkeit oder auch Unschmelzbarkeit, stets selbstredend für dieselbe Prüfungshitze, zu erreichen.

4. *Kriterium des Normalgrades der Schmelzbarkeit.* — Als Quasi-Normalgrad der Feuerbeständigkeit oder vielmehr als Kriterium dafür empfiehlt sich wegen der sehr objektiven Markirung eine ganz bestimmte Kennzeichnung der Unschmelzbarkeit. Der bekannte Unterschied, welcher zwischen dem Bruche

des Porzellans und dem der Fayence besteht, eignet sich zu einem recht präcisen Unterscheidungsmerkmal. Die Fayence mit der erdigen, der feuchten Lippe anhängenden oder Flüssigkeit einsaugenden Bruchfläche ist sofort unverkennbar charakterisirt gegenüber dem Porzellan mit dem halbglasigen, wasserdichten und Wasser nicht einlassenden Bruche. Ist das Auge etwa bei Uebergängen von dem einen Zustande in den andern zweifelhaft, so entscheidet ein Tröpfchen gefärbter Flüssigkeit, wozu die mit Tinte gefüllte Feder das allerfeinfachste Mittel bietet.

Hat man z. B. einen gewöhnlichen feuerfesten Thon mit der einfachen, zweifachen u. s. w. Menge des Normalgemenges versetzt und die verschiedenen entsprechend numerirten Proben der Platinschmelzhitze ausgesetzt, so wird eine Reihe erhalten, wovon die Proben mit dem geringeren Zusatze porzellanartig dicht und die mit dem höheren erdig sind. Schlägt man die Proben durch, zur Prüfung mit der gefüllten Feder, so lässt sich auf ersteren eine scharf markirte Linie ziehen, ohne irgend ein Einsaugen wie bei Fliesspapier zu zeigen; bei letzteren hingegen, den zusatzreicheren, zieht die Tinte ein, sie gibt einen sogenannten unreinen, blasser gefärbten Strich.

Den Uebergang dazwischen bildet noch unterscheidbar der klatschende, aber nicht oder kaum abgeblasste Strich, ähnlich frischen Schriftzügen, welche abgeklatscht sind. Der Tintenstrich des erdigen Bruches ist wohl und besonders zu unterscheiden von demjenigen, welcher bei einer porzellanartigen aber löcherigen Masse sich ziehen lässt. Hier zieht auch die Flüssigkeit ein. Eine Täuschung in dieser Hinsicht vermeidet man einfach durch ein wiederholtes Bestreichen mit der Feder, nachdem der erste Strich eingetrocknet ist. Bei der löcherigen Probe findet alsdann kein weiteres Eindringen statt, während bei der erdigen ein Einziehen noch wahrzunehmen.

5. *Darstellung der Proben.* — Eine kleine, einer sorgfältig dargestellten Durchschnittsprobe entnommene Menge von höchstens 1 Gramm des zu prüfenden Thones wird auf das Feinste im Achatmörser zerrieben, hierauf stark, wenigstens 10 Minuten über der Lampe geglüht, dann im Chlorcalciumglase abgekühlt, wonach mehrere Portionen von je $^1/_{10}$ Grm. abgewogen werden. Zu einer jeden solchen Portion fügt man das gleichfalls völlig trocken abgewogene Normalgemenge in resp. ein- bis zehnfachem Gewichtsverhältnisse. Zum Zwecke der innigsten, vollkommensten Mischung eines jeden neuen Gemenges wird genau so wie oben bei Darstellung des Normalzusatzes angegeben wurde, verfahren. Die Gemengtheile werden in der Achatschale durch-

einander gerieben und alsdann mit Wasser zu einem ziemlich dünnen Brei angemacht, welchen man mit dem Platinspatel andauernd um- und durchknetet, bis die Masse hinreichend angetrocknet ist, um Proben resp. kleine Cylinderchen daraus formen zu können. Diese werden mit Nummern bezeichnet und zwar auf den Kreisflächen mit der des bezüglichen Thones und auf der Seite entsprechend dem jedesmaligen Normalzusatze. Nachdem alsdann die Proben gut und scharf ausgetrocknet sind, um ein späteres Springen zu verhüten, werden sie schliesslich der Prüfungshitze unterworfen.

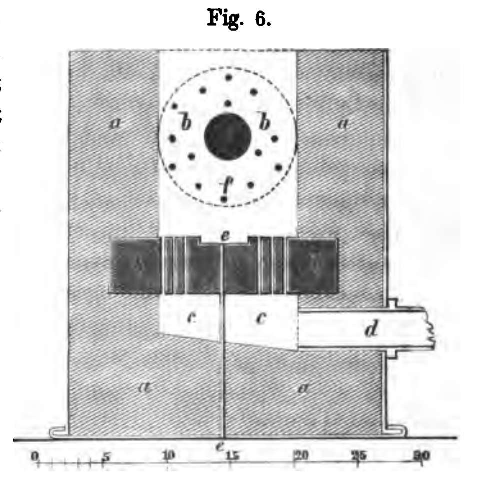
6. Glühen der Proben. — Selbstredend ist das Glühen unter Beobachtung der grösstmöglichen Gleichmässigkeit in der ganzen Ausführung vorzunehmen. So hinsichtlich des Ofens, der Luftzuführung, des Brennmaterials, des Schürens, des Tiegels und dessen Stellung, wie dessen äusseren und inneren Dimensionsverhältnissen. Wegen Mitwirkung so vieler Faktoren ist es nicht möglich, stets eine vollkommen gleiche Temperatur zu treffen, wenn auch dies für alle Punkte des Glühraums, wo die Proben placirt sind, sofern derselbe in der beschriebenen Weise in derselben Zone sich befindet, ohne wenigstens sichtbare Differenzen stattfindet. Man muss sich daher stets einer Kontrolprobe, oder besser einer Reihe von mehreren, bedienen, die aus bekannten Verhältnissen unter sich den erreichten Hitzgrad dokumentiren. Andererseits aber, namentlich wenn es sich um genaueste pyrometrische Bestimmungen einer grössern Menge von Thonen handelt, die man unmöglich alle auf einmal demselben Versuche unterwerfen kann, lässt sich, um keinenfalls grosse Temperaturschwankungen [1]) zu erleiden, eine Vorrichtung anbringen, wodurch das Eintreten einer gewissen bestimmten Temperatur möglichst genau und sicher markirt wird. Letztere durch Einfachheit wie leichte und schnelle Handhabung sich empfehlende Vorrichtung beschreibe ich kurz nebst dem dazu angewendeten Ofen.

Man kann sich dazu des bekannten schon von Becquerel wegen grosser Schärfe empfohlenen abschmelzenden Drahtes bedienen. Der Ofen (Fig. 6) ist ein sogenannter Deville'scher, nämlich ein Blechcylinder von 30 Cm. Höhe und 25 Cm. Durchmesser, mit einer 7 Cm. starken Charmottemasse (a) ausgefüttert, worin sich ein solcher und zwar 3½ Mm. starker Eisendraht in folgender Weise anbringen lässt. Der Rost (in der beistehenden Figur bb eingezeichnet), eine mit 15 Löchern (f) durchbrochene, 3½ Cm. dicke

[1]) Die aufgestellten Normen gelten für denselben zu treffenden Hitzgrad, der keinenfalls bedeutend zu überschreiten ist. cf. der Verfasser, Dingler's Journal 194, S. 425.

Eisenplatte, liegt $13\frac{1}{2}$ Cm. über dem Boden. In der Mitte des Rostes bringt man einen vertieften Kreis von $4\frac{1}{2}$ Cm. Durchmesser zur unverrückbaren Aufnahme des Untersatzes an, auf welchen der Tiegel zu stehen kommt. Die Luft wird seitlich unter den dicht eingeschmierten Rost mittelst einer Röhre d von $2\frac{1}{4}$ Cm. Durchmesser durch ein Doppelgebläse in die Windkammer cc eingeführt, welches stetig wirksam, aber nur mit einem Drucke von 1—2 Mm. arbeitet. Der 5 Cm. hohe Untersatz wird genau in seiner Längenaxe durchbohrt, weit genug, um den Draht leicht durchzuführen, welcher alsdann durchgesteckt wird und nach oben rechtwinklig umgebogen in eine Rinne zu liegen kommt. Sein umgebogenes Ende reicht nicht bis direkt ins Feuer, sondern wird mit Thonmasse verschmiert, die genau der Dicke der Wandung des Probentiegels entspricht, sowie auch jedesmal eine gleich dicke, weiche Thonlage oberhalb aufgetragen wird, auf welche man den Tiegel befestigt. An das entgegengesetzte Ende des Drahtes, welches durch eine oben und unten eingekittete Metallröhre e bis ausserhalb des Ofens reicht, wird ein bestimmtes Gewicht von $\frac{2}{3}$ Pfund angehängt. Das Gewicht steht mit einer Schelle in Verbindung, die ein Herabfallen desselben sofort anzeigt.

Fig. 6.



Wie durch zahlreiche Versuche sich feststellen lässt, liegt das umgebogene Drahtende in 5 Cm. Höhe über dem Roste am Anfange der heissesten und zugleich konstantesten Zone in meinem jetzigen Ofen. Eine solche Zone gleicher Temperatur findet sich bis zu ca. 9 Cm. Höhe, wodurch die Grösse des Tiegels sich bestimmt.

Der schmelzende resp. hinabfallende Draht bezeichnet somit die im Probetiegel herrschende Temperatur, wenn auch nicht im absoluten Sinne, so doch in höchst annähernder Weise (wie ich mich sehr oft wiederholt überzeugte). Der für den Tiegel an einem stets gleichen Punkte angebrachte Draht gibt demnach Kunde von dem daselbst herrschenden Hitzgrad und liefert damit einen maassgebenden Anhaltspunkt für den Vorgang im Innern des Ofens überhaupt.

Der angewandte Untersatz ist 5 Cm. hoch, unten 4½ und oben 2½ Cm. breit; der Probentiegel ist 4¼ Cm. hoch, oben 3¾ und unten 2 Cm. breit. Die Wandung, der Boden wie die Deckel sind alle gleich genau ½ Cm. dick. Sämmtliche verwendete Hülfsmittel aus den strengflüssigsten Materialien sind vorher stark auszuglühen, um eine Ungleichheit in dieser Hinsicht zu vermeiden.

Die Cylinderpröbchen von ca. 6 Mm. Länge und 4 Mm. Breite kommen genau in die Mitte des Probetiegels in ein zweites dünnwandiges, ebenso genau gearbeitetes, ausgeglühtes offenes Tiegelchen zu liegen. Für die Tiegel, die Schmiermasse wie auch wenigstens das obere Ende des Untersatzes, ist es Bedingung, sich eines in Platin-Schmelzhitze unschmelzbaren Thones zu bedienen.

7. *Controle des effektiv erreichten Hitzgrades.* — Als recht empfindliche Controlprobe, oder wenn man will als Pyroindikator, ist zu empfehlen ein Gemenge aus einem der bestbekannten Thone mit mehr oder weniger kieselsäurehaltiger Thonerde. Auf ein Gewichtstheil Thonerde wird je 1, 1²/₁₀ und 1⁴/₁₀ u. s. w. Gewichtstheile Kieselsäure genommen und diese verschieden kieselsaure Thonerde mit 1 Gewichtstheil des besten Thones innigst versetzt und Proben daraus geformt. Ein Thonzusatz empfiehlt sich, um den Proben ein mehr thonähnliches und besser vergleichbares Aussehen wie auch einen festern Zusammenhalt zu geben. Die so erhaltenen drei Doppelgemenge, kurz benannt nach dem Kieselsäurezusatz, Pyroindikator 1, 1²/₁₀, 1⁴/₁₀ u. s. w. kennzeichnen durch ihre Veränderung nach dem Glühen, namentlich im Verhältniss zu einander, den erreichten Hitzgrad auf das Bestimmteste. So ist anzunehmen als völlig zutreffende Schmiedeeisen-Schmelzhitze, wenn der Indikator 1 noch eine einsaugende Bruchfläche zeigt, 1²/₁₀ wenig (ein gemachter Tintestrich klatschend ist) und 1⁴/₁₀ nicht mehr einsaugend ist. Bei nur sehr geringem Hitzgrade ist Indikator 1 und 1²/₁₀ noch einsaugend, aber 1⁴/₁₀ noch mehr; wie bei einem etwas höheren Hitzgrad der Indikator 1 nur noch klatschend, 1²/₁₀ und 1⁴/₁₀ nicht mehr einsaugend. Beispiele der Ausführung der Methode sind andeutungsweise bei Ausführung der so bestimmten Normalthone angegeben. Zur Controle über die Gleichmässigkeit der Hitze an allen Punkten im Innern des Prüfungstiegels ist das einfache Mittel, Proben derselben Art an verschiedenen Stellen zu placiren, die eine gleiche Beschaffenheit zeigen müssen, recht zweckdienlich.

γ. Thonerdemethode. — Der Thonerdemethode bediente sich Richters in seiner bereits oben citirten Abhandlung über die Feuerbeständigkeit der Thone.[1])

[1]) Polytechnisches Journal B. 191, S. 59, 150 und 229.

Während die Kieselsäure eine nur relative Vermehrung der Schwerschmelzbarkeit bei den meisten Thonen bewirkt, ist, wie wiederholt bemerkt, die Thonerde, dieser unstreitig werthvollste Bestandtheil der Thone und besonders der feuerfesten, ein absolutes pyrometrisches Erhöhungsmittel für alle Thone.

Jeder Thon lässt sich durch eine gewisse Menge reiner Thonerde für einen gewissen, selbst hohen Hitzgrad unschmelzbar machen, so dass also die verbrauchte Menge Thonerde in dieser Hinsicht ein vollkommenes Maass abgibt.

Der leichtflüssigere Thon erfordert davon mehr, der strengflüssigere weniger, um denselben Grad der Schwerschmelzbarkeit zu konstatiren. Von diesem Gesichtspunkte aus hat daher die Thonerdemethode etwas recht Empfehlendes. Wie leicht nachzuweisen und auch aus den Ermittelungen Richters' hervorgeht, macht schon $^{1}/_{10}$ Thonerdezusatz mehr oder weniger einen wesentlichen Unterschied, welcher gross genug ist, um die Thone hiernach einzuordnen, wobei zur sichern Fixirung allerdings eine recht subtile Innehaltung der stets gleichen sehr hohen Prüfungshitze vorausgesetzt werden muss. Es geht daraus die sehr grosse Wirksamkeit der Thonerde hervor — eine kleine Menge übt schon den grössten Einfluss aus.

Die Messskala verengt sich damit, wodurch die einzelnen Grade an Deutlichkeit verlieren und die Abhängigkeit von den unvermeidlichen Fehlerquellen eine grössere ist.

Die von Richters angewandte Methode verdient indessen schon wegen der sinnreichen Durchführung für eine Reihe von 15 Thonen hier angeführt zu werden und lasse ich sie wörtlich nach dessen eigener Angabe folgen:

„Aus dem zu prüfenden lufttrockenen, feingeriebenen Thone wurde ein 2 Cm. langes, 4 Mm. starkes, dreiseitiges Prisma geformt und mit 0 bezeichnet. Weitere Proben des aufs Feinste zerriebenen Thones wurden mit $^{1}/_{10}$ bis $^{10}/_{10}$ ihres Gewichtes Thonerde,[1]) beziehungsweise feinsten, chemisch reinen Quarzpulvers innig gemengt, und zu Prismen von der bezeichneten Grösse geformt. Diese wurden mit den Nummern 1—10, entsprechend dem Thonerde- oder Quarzzusatz versehen und in einen aus bestem schlesischen Thon angefertigten Tiegel gebracht, welcher oben ca. 54 Mm. weit, ebenso tief war und 6 Mm. starke Wandungen hatte. Die Tiegel wurden auf zwei, auf die breite Seite gelegte Charmotte-

---

[1]) Die Thonerde erhielt Richters aus der Kryolith-Soda-Fabrik der Gebr. Löwig bei Breslau. Sie enthielt nach lange fortgesetztem Auswaschen ausser einer höchst geringen Spur Eisen keine weiteren Verunreinigungen.

steinstücke gestellt, da erfahrungsmässig in dieser Zone des Ofens die Hitze am stärksten war".

„Der mit dem Deckel verschlossene Tiegel wurde dann zwei Stunden der Schmelzhitze des Schmiedeeisens ausgesetzt." Hierzu diente ein gewöhnlicher Windofen von 6,2 Dcm. Höhe und 4,3 Dcm. Weite, dessen Abzugscanal mit einem ca. 32,5 M. hohen und 1,6 M. weiten Schornstein in Verbindung stand. „Durch vorhergegangene Versuche war konstatirt worden, dass unter Anwendung von 50 Kilogr. Koks als Brennmaterial in diesem Ofen innerhalb zweier Stunden 100 Gr. Schmiedeeisenblech zu einem durchaus kompakten Regulus geschmolzen werden konnten."

Nachdem der Ofen erkaltet, wurde der Tiegel herausgenommen und behufs Besichtigung der Proben zerschlagen. Um den gefundenen Grad der Feuerbeständigkeit durch eine Zahl ausdrücken zu können, bezeichnete Richters zunächst den eines Thones, der eines Zusatzes von Quarz bedurfte, damit er nach dem Glühen eine ganz leichte, aber nicht zu verkennende Glasirung zeigte, ganz allgemein mit dem Zeichen +; bedurfte er zu gleichem Zwecke eines Zusatzes von Thonerde mit dem Zeichen —; zeigte sich der Thon, für sich geglüht, entsprechend der angenommenen Controlprobe, mit dem Zeichen ±. Die Zehnteltheile vom Gewichte des Thones an Quarz oder Thonerde, die er bedurfte, um der Controlprobe ähnlich zu sein, gaben nun die Zahl, welche den betreffenden Zeichen beigefügt wurde. Keiner der untersuchten Thone bedurfte mehr als 8—9 Zehntel Thonerde, die Feuerbeständigkeit sank also bei keinem unter —9.

Der beste feuerfeste Thon, den Richters der Prüfung unterwarf, bedurfte nur $^{2}/_{10}$ Quarz, um der Controlprobe zu entsprechen. Seine Feuerbeständigkeit war also = +2.

Das Zeichen — drückt keineswegs aus, dass der Thon nicht feuerbeständig sei, denn die Thone, deren Feuerbeständigkeit z. B. mit —4 oder 5 bezeichnet wurde, sind für die meisten technischen Zwecke, die nicht die Erzeugung sehr hoher Temperaturen erheischen, wohl anwendbar. „Eine vielfache Anwendung der Methode, sagt Richters, hat mir die Ueberzeugung gegeben, dass sie zu vergleichsweisen Bestimmungen sehr gute Dienste leistet."

„Das es schwierig ist, stets eine gleiche Hitze, und also auch die davon abhängende gleiche Veränderung der Proben zu erzielen, so wurde, um jeder aus einer solchen Ungleichheit möglicherweise hervorgehenden Irrung vorzubeugen, bei den betreffenden Versuchen stets eine Probe zur Controle eingesetzt, deren Verhalten im Feuer genau bekannt war."

„Als solche Controlprobe diente ein Gemenge weissen Saarauer

Thones III mit $^2/_{10}$ seines Gewichtes Thonerde, und nur dann wurden aus den gewonnenen Resultaten der Versuche Schlüsse auf den Grad der Feuerbeständigkeit der zu prüfenden Thone gezogen, wenn diese Probe ein ganz bestimmtes, nämlich schwach glasirtes Aussehen zeigte. Erschien die Probe nach dem Glühen nur gesintert, nicht deutlich glasirt, so war die Temperatur nicht hinreichend hoch gewesen; wenn dieselbe mit einer sehr deutlichen, glänzenden Flussrinde sich überzogen zeigte, so war die Hitze zu hoch gestiegen“.

e. Prüfung des Verhaltens der feuerfesten Thone gegen Glas und Eisenschlacke.

Man versetzt zum Versuch im Kleinen den zu untersuchenden Thon mit $^1/_2$, 1, 2, 4, 6 u. s. w. Procent feinsten Glaspulvers [1]) oder Eisenschlackenpulver, [2]) durchmengt dieselben innigst damit, erst trocken und dann im breiartigen Zustande, trocknet die Gemenge, zerreibt sie von Neuem und formt aus einer bestimmten, abgemessenen Menge Proben in Gestalt kleiner Cylinder. Die Cylinderchen werden mit einer Nummer bezeichnet, die dem Glaszusatz u. s. w. entspricht.

Werden hierauf diese mit den zunehmenden Glasmengen versetzten Proben einer heftigen Glühhitze unterworfen, so übt bei verschiedenen Thonen das Glas auch eine verschiedene Schmelzbarkeit aus, indem dieselbe früher oder später, im stärkeren oder geringeren Grade eintritt.

Nimmt man dabei einen gewissen, schon weiter fortgeschrittenen Grad der Schmelzung als Norm an, so lässt sich auf diese Weise ein Normalgrad für die Schmelzbarkeit und Widerstandsfähigkeit eines Thones gegen flüssiges Glas u. s. w. feststellen.

Während so z. B. der Grünstädter Hafenthon einen Glaszusatz bis zu 16—18 Proc. verträgt, ehe er in controlirter Platin-Schmelzhitze zerfliesst, beginnt bei Eisenschlackenzusatz dieselbe Erscheinung schon mit 7—8 Proc. Die Wirkung der Eisenschlacke ist damit wenigstens eine doppelt so grosse.

Im Grossen und Ganzen genommen ist für die geringere oder grössere Schmelzbarkeit eines Thones durch Glas oder Eisenschlacke dessen höhere oder tiefere pyrometrische Stellung maassgebend, doch giebt es auch specifische Ausnahmen, deren Ermittelung das beschriebene Verfahren für das eine oder andere Berührungsmittel zur Aufgabe hat.

---

1) Dingler's Journ. B. 208, S. 51.
2) Dingler's Journ. B. 208, S. 445.

Pyrometrische Bestimmung des Quarzes, der Quarzarten wie der Graphite siehe im folgenden Kapitel.

Pyrometer.

Während die niedrigeren Grade des Glühens, die Dunkelroth-, Kirschroth- und Hellrothgluth, wohl durch den Augenschein ziemlich bestimmt von einander unterscheidbar sind, so wird die Unterscheidung mit dem Eintreten höherer Temperaturen (Orange, Gelb- und Weissglühen) um so unsicherer und man muss alsdann bei höchst gesteigerter Schwierigkeit der Bestimmung, Hitzegradmesser oder sogenannte Pyrometer oder andere Mittel zu Hülfe nehmen.

Das ältestbekannte Pyrometer ist das von Wedgewood, welches in Kugeln besteht, die aus präparirter Erde geformt sind und durch die nach der Erhitzung erlittene Schwindung deren erreichten Grad bestimmen sollen.

Diese Kugeln aber können nur als etwaiger comparativer Führer für die Regulirung der Hitze dienen; denn sie geben keinen zuverlässigen, geschweige einen wissenschaftlichen Maasstab, da auch dieselbe Thonart in demselben Hitzgrad sich nicht gleich zusammenzieht und überhaupt die Volumenverminderung nicht proportional der Höhe der Temperatur ist.

Heeren[1] empfiehlt daher, um die zum Brennen erforderliche Temperatur inne halten zu können, eine Platinsilberlegirung anzufertigen, welche bei dem beabsichtigten Hitzgrad eben zum Schmelzen kommt und hierauf eine 5 Proc. Platin mehr enthaltende, also strengflüssigere. Dieselben werden in Quantitäten von etwa 3 Gr. in einem kleinen zweiarmigen, einem Schiffsanker ähnlichen feuerfesten Thonlöffel an die betreffende Stelle des Brennofens gebracht und beobachtet, wenn dieselben einen völlständig flüssigen, halbflüssigen oder ungeschmolzenen Zustand zeigen. Unter der Voraussetzung, dass diese Gemische aus stets gleich reinen Metallen bestehen, und noch mehr, dass jegliche Verunreinigung während der Erhitzung, so durch Aufnahme von Kohlenstoff, Kieselsäure u. s. w. ausgeschlossen wird, können damit nur Hitzgrade bestimmt werden, die unter der Schmelzhitze des Platins liegen.[2])

---

[1]) Dingler's Journ. B. 161, S. 105.

[2]) Siehe Schmelzpunkte der verschiedenen Metalle Kerl Probirkunst S. 482. Ferner vergleiche in der Eisenhüttenkunde von Percy eine Reihe angegebener Legirungen, deren Schmelzpunkt zusammenfällt mit den Temperaturen, die in verschiedenen Oefen herrschen — so vom Zimmerofen an bis zu den Schweissöfen; während für die höchsten Temperaturen der Flammöfen graues Holzkohleneisen (1700° C.), für Gasschmelzöfen harter Stahl und für Bessemer-Oefen hartes Stabeisen (2000° C.) angegeben ist.

Ziegler[1]) empfiehlt Controluhren, bei welchen die Markirung durch sich verschiebende Pöstchen geschieht, zur Controle des Schürens während der Nachtzeit anzuwenden.

Um ein directeres Mittel zur Bestimmung der Temperatur in der Muffel zu haben, konstruirte Brongniart ein Pyrometer, welches auf demselben Principe beruht, wie das Daniell'sche Pyrometer. Ein Silberstab von 2 Dcm. Länge liegt in einer Rinne von Porzellan. Mit seinem einen Ende stösst er gegen einen festen Punkt, mit seinem anderen Ende berührt er einen Porzellanstab von derselben Länge, der in derselben Rinne liegt.

In dem Maasse, wie das Silber sich beim Erhitzen ausdehnt, wird daher der Porzellanstab vorwärts geschoben. Dieser berührt, ebenso wie beim Daniell'schen Instrument, einen Indikator, der so lang ist, dass er die Ausdehnung des Silbers gerade um das Hundertfache multiplicirt und auf einem in 300 Grade getheilten Kreisbogen angibt. 27 bis 30 Grade dieses Kreisbogens entsprechen 100 Graden der hunderttheiligen Skala des Quecksilberthermometers.

Pyrometer, welche auf der Ausdehnung der Metalle in der Hitze beruhen — welche Ausdehnung aber nur konstant ist bis in die Nähe der Rothgluth aber nicht drüber hinaus — wurden konstruirt in England von Whitehurst, ferner von Ellicott, Gauntlett, Bock und Oechsle. Die Untersuchung der Pyrometer von den drei letztgenannten, welche ebenfalls auf der Ausdehnung starrer Körper (Eisen, Messing, Platin, Silber) beruhen, durch Weinhold ergab aber, dass die durch starke Erhitzung ausgedehnten Körper beim Abkühlen nie wieder völlig ihre frühere Grösse erlangen, so dass die Instrumente nach jedesmaligem Gebrauch andere Resultate ergeben. (cf. pyrometrische Versuche von Prof. Weinhold, Dingler's Journal B. 208, S. 124.)

Auch die wohl von Coulomb zuerst benutzte calorimetrische Methode, hohe Temperaturen zu bestimmen durch Beobachtung der Temperaturerhöhung einer Wassermasse, in welche eine der zu messenden Temperatur ausgesetzt gewesene Eisen- oder Platinkugel eingeworfen wird, gibt nach demselben Forscher in der Weise wie sie vielfach ausgeführt wird, sehr unsichere Resultate, weil die Temperatur der Wassermasse durch Zuleitung und Zustrahlung von Wärme, aber auch durch Verdampfung beim Einbringen der erhitzten Kugeln verändert wird, weil ferner die specifische Wärme der angewandten Körper bei hohen Temperaturen so gut wie unbekannt ist.

Durch Anwendung einer etwas complicirten Form des Calori-

[1]) Polytechn. Centralbl. 1866, S. 826.

meters lassen sich diese Einflüsse so weit vermindern, dass man recht brauchbare Resultate erhält.

Für technische Zwecke ist die Handhabung des Calorimeters und die Berechnung der damit erhaltenen Resultate etwas umständlich, wenn auch nicht so wie die des Luftthermometers, das sich in den meisten Oefen schlechterdings nicht anbringen lässt.

Bei Untersuchung des Lamy'schen Dissociationspyrometers zeigte sich, dass die Dissociation von Verbindungen, deren einer Bestandtheil gasig, der andere starr ist, überhaupt nicht dem von Debray aufgestellten und von Lamy angenommenen Gesetze folgt und dass gerade der kohlensaure Kalk, den Lamy für sein Pyrometer verwendet, ganz eigenthümliche Unregelmässigkeiten zeigt; das Dissociationspyrometer erscheint darnach als völliges Unding.

Während Metalle sich unter dem Einflusse grösserer Hitze ausdehnen, zieht sich reine Aluminia oder Thonerde um mehr als den vierten Theil zusammen. [1])

Ferner hat man für pyrometrische Messungen die Luft als Medium benutzt und aus deren Ausdehnung die Temperatur bestimmt. Man ist aber dabei von den einschliessenden Gefässen abhängig.

Wie Deville nachgewiesen, ist das Porzellan zum Einschliessen von Luft nur für Temperaturen bis 1554° C. anwendbar, da die Luft über diese Grenze hinaus sich nicht oder nicht konstant ausdehnt, das Porzellan aber erweicht, und Metalle, namentlich Platin und Eisen, bei hohen Temperaturen nach den Versuchen Graham's, Deville's und Troost's für Gase sehr durchlässig sind. Alle Temperaturbestimmungen, die über die angegebene Grenze hinausgehen, beruhen nur auf Vermuthungen, und die Abschätzungen derselben bergen sehr grosse Fehlerquellen und dürften in der Regel zu hohe Zahlen geben.

Als praktische Probe z. B. beim Porzellanofen wendet man die sogenannte Ziehprobe an, ein Probescherben, welcher mit Porzellanfarbe bestrichen und an einer Handhabe befestigt ist. Man sieht den Brand als gut an, wenn die Probefarbe auf dem Scherben glänzend erscheint.

Ein anderes pyrotechnisches Hülfsmittel bietet Goldpurpurfarbe dar, welche mit zunehmender Temperatnr gewisse Farbenveränderungen erleidet. Kleine Cylinder aus glasirtem Porzellan werden mit Goldcarminfarbe bestrichen und an einem Eisendraht durch die vordere Oeffnung, das Schauloch, in die Muffel gehängt. Bei

---

[1]) Töpferzeitung 1872, S. 36.

steigender Hitze ändert sich diese Farbe zunächst in schmutziges Braunroth, dann in Ziegelroth und hierauf an den dünnen Stellen in Rosa, Rosa ins Purpurne ziehend.

Empfehlungswerthe praktische Mittel bieten sich in bestimmten Fällen dar durch Anwendung gewisser Gemenge, deren als zutreffend ermittelte Zeichen der Schmelzung dem Beobachter durch ein Schauloch im Ofen einen festen und oft völlig genügenden Anhalt gewähren. So ist namentlich eine Mischung aus Feldspath und feuerfestem Thon recht brauchbar, woraus man sich Kegel formt und deren Zusammenschmelzen resp. Niedergehen zur Kugelform oder gänzlicher Verflachung man zum Merkmal nimmt. Auch gehören dahin die von mir beschriebenen Pyroindikatoren, saure Gemenge aus chemisch reiner Kieselsäure und Thonerde nach bestimmten Verhältnissen.[1])

Siemens' Pyrometer. — In theoretischer sowie auch in praktischer Beziehung interessant ist das elektrische Pyrometer von C. W. Siemens[2]) in London, dessen leichte Handhabung, allgemeine Anwendbarkeit sowie Zuverlässigkeit in der Literatur gerühmt wird.[3])

Diesem Instrumente[4]) liegt das einfache Princip zu Grunde, dass der Widerstand eines reinen metallischen Leiters mit seiner Temperatur zunimmt. Diese Zunahme ist nicht gleichförmig, sie folgt einem genau bestimmten geometrischen Gesetz. Ist daher der Widerstand irgend eines Leiters bei 0° C. gegeben, so sind wir im Stande, zu berechnen, wie gross derselbe bei 100°, 1000° oder 3000° ist; und umgekehrt, wenn der Widerstand bekannt ist, so können wir hieraus die Temperatur ableiten.

Der metallische Leiter, dessen man sich bedient, ist ein feiner Platindraht von bekanntem Widerstande. Er ist um einen Cylinder von feuerfestem Thon gewickelt, welcher behufs der Isolirung der Drathwindungen mit einer schraubenförmigen Rinne versehen ist. Dieser ungefähr 9 Cm. lange und 15 Mm. im Durchmesser haltende Thoncylinder ist in einem Gehäuse eingeschlossen, dessen unterer conischer Theil je nach der zu ermittelnden Temperatur aus Platin,

---

1) cf. Dingler's Journ. B. 194, S. 447 u. oben S. 104.

2) Früher hatte Siemens ein Pyrometer zur Messung der Temperatur der heissen Gebläseluft für Hohöfen konstruirt nach dem Satze, dass die specifische Wärme von Metallen nach verschiedenen Temperaturen die gleiche bleibt, dass somit durch Messung der Wärme, welche ein Metallstück in einem erwärmten Raum aufgenommen hat, die Temperatur des letztern bestimmt werden kann. Seine Anwendbarkeit ist aber dadurch begrenzt, dass Hitze von bestimmter Höhe auf die angewendeten Metalle verändernd einwirkt. Dingler's Journal B. 198, S. 259.

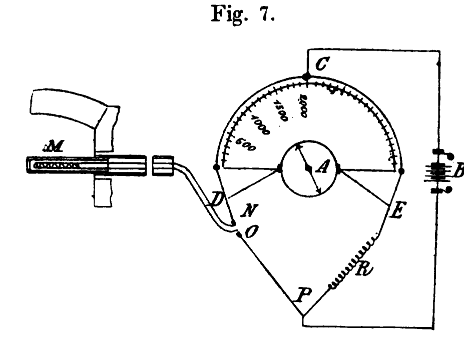
3) cf. unter Anderen in neuester Zeit Aron, Töpferztg. 1876. S. 33.

4) Nach Engineering 1873, S. 177.

Kupfer oder Eisen besteht. Die beiden Enden der Platinspirale sind innerhalb dieser hervorragenden Röhre an dickere, sorgfältig isolirte Kupferdrähte befestigt. Diese erstrecken sich nach dem Messinstrumente, welches je nach Umständen entweder ein Differential-Galvanometer oder ein Differential-Voltameter sein kann.

Die Methode, den elektrischen Leitungswiderstand durch das Differential-Galvanometer zu messen, erinnert an Wheatstone's Brücke. Zur Erläuterung möge die schematische Abbildung Fig. 7 dienen. Der von der Batterie *B* ausgehende Strom theilt sich an dem metallenen Schieber oder Zeiger *C*; der eine Theil geht nach *D*, der andere nach *E*. Hier theilen sich diese Partialströme abermals. Bei *D* geht ein Theil durch das Galvanometer, der andere durch die Klemmschraube *N* und den Pyrometerdraht *M* nach den Schrauben *O* und *P*, wo er dem von *E* kommenden Theile, welcher durch den konstanten Widerstand *R* gegangen war, begegnet; von *P* aus kehrt der Strom zur Batterie zurück. Wenn die Zweige *E*, *P* und *D*, *N*, *M*, *O* dem Strome gleiche Widerstände darbieten, so wird das Galvanometer nicht afficirt; ist jedoch der Widerstand des einen dieser Zweige grösser, so erfolgt eine entsprechende Ablenkung der Nadel. Man führt die letztere sodann durch Verschiebung des Zeigers *C* auf Null zurück. Nachdem die Widerstandszunahme der Spirale bestimmt worden ist, kann die Temperatur berechnet werden, indem man auf der jedem Instrumente beigegebenen Tabelle diejenige Zahl aufsucht, welche der durch den graduirten Bogen bezeichneten Zahl entspricht. Mit Hülfe eines solchen Pyrometers lassen sich Temperaturen bis zu 4500° F. registriren.

Fig. 7.

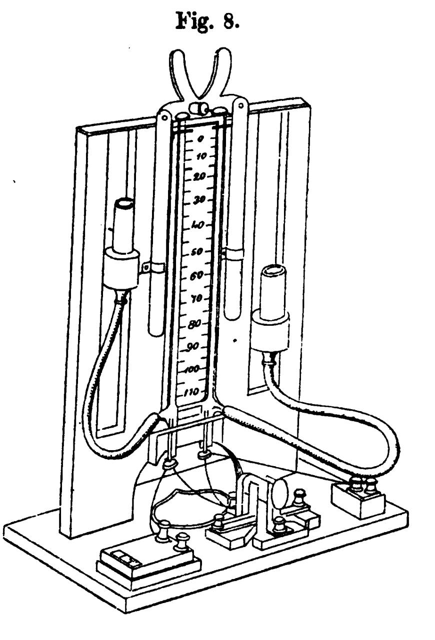


Eine charakteristische und schätzenswerthe Eigenschaft dieses Instrumentes besteht darin, dass mit seiner Hülfe Temperaturen entfernterer, schwer zugänglicher oder ganz und gar unzugänglicher Orte sich ohne Schwierigkeit ermitteln lassen, indem der eigentliche Indikator des Pyrometers in einer Entfernung bis zu 300 Yards von der Platinspirale angeordnet werden kann. Das elektrische Pyrometer ist von unschätzbarem Werthe für Kohlengruben oder Eisenwerke, indem es dem Eigenthümer den Wärmegrad seiner Grube oder seines Hohofens genau anzeigt, ferner für Gasanstalten,

da die Leuchtkraft des Gases durch die Destillationstemperatur der Kohle beeinflusst wird. Auch für den Naturforscher ist dasselbe eine kostbare Acquisition, indem er, ohne sich selbst der Ungunst des Wetters auszusetzen, die Temperatur eines hochgelegenen Ortes, oder die in der Tiefe eines See's oder Meeres herrschende Temperatur in seinem Zimmer ablesen kann.

In den genannten Fällen sind lange Leitungsdrähte nöthig. Da nun beide Zweige des Stromkreises durch diese hinzukommenden Längen möglicherweise nicht gleichmässig afficirt werden möchten, so könnte dieser Umstand zu Irrthümern Anlass geben, welche die Zuverlässigkeit der Beobachtung wesentlich beeinträchtigen würden. Aber eine sinnreiche Vorkehrung beseitigt die Quelle der Ungenauigkeit vollständig. Es ist nämlich ein dritter Leitungsdraht angeordnet. Einer der oben erwähnten Partialströme nimmt seinen Weg von der Batterie durch einen der Leitungsdrähte nach der Pyrometerspirale, von da durch den zweiten Leitungsdraht und das Galvanometer (oder nach Umständen das Voltameter) zurück nach der Batterie. Der zweite Partialstrom circulirt durch die konstante Widerstandsvorrichtung und den dritten Leitungsdraht zurück nach dem Galvanometer und der Batterie. Auf diese Weise bestehen beide Zweige des Schliessungsbogens aus gleichen Drahtlängen und alle durch die Temperaturveränderungen veranlassten Widerstandsänderungen afficiren beide Seiten der Gleichgewichtslage auf gleiche Weise.

Fig. 8.



Es könnte den Anschein haben, als ob die Leitungsfähigkeit des Platins dadurch, dass es so häufig einer intensiven Hitze ausgesetzt ist, alterirt werde. Allein Dr. Siemens hat durch eine lange Reihe von Versuchen nachgewiesen, dass die elektrische Leitungsfähigkeit eines Metalles für einen gegebenen Wärmegrad — von den durch Oxydation verursachten Aenderungen abgesehen — eine konstante Grösse ist. Eisen und Kupfer oxydiren leicht, vergrössern dadurch den Widerstand und machen die Ablesung unzuverlässig. Solches

ist jedoch mit dem Platin nicht der Fall; dieses bleibt unverändert, es sei denn, dass es aussergewöhnlich hohen Temperaturen direct ausgesetzt wird. Umschliesst man aber die Spirale mit einer Platinhülle, so nimmt sie nur die strahlende Wärme auf, und da 4 oder 5 Minuten zu einer genauen Ablesung genügen, so können Temperaturen, welche sich dem Schmelzpunkte des Platins nähern, leicht gemessen werden.

Der zweite Apparat zur Messung des elektrischen Widerstandes ist das Differential-Voltameter. Dieser schöne und sinnreiche Apparat ist in Fig. 8 in einer perspectivischen Ansicht abgebildet. Er besteht aus zwei gut calibrirten ungefähr 4 Mm. im Durchmesser haltenden Röhren, welche an einer Scale befestigt sind, deren Graduirung aus irgend einer Anzahl unter sich gleicher, sonst willkürlicher Theile besteht. Die oberen Enden dieser Röhren sind durch Kautschuckkissen, welche durch belastete Hebel in ihrer Lage gehalten werden, die unteren erweiterten Enden durch Holzstöpsel geschlossen, welche behufs der Aufnahme beider Electroden durchbohrt sind. Zwei mit angesäuertem Wasser gefüllte Glascylinder stehen durch Kautschuckröhren mit jenen erweiterten Rohrenden in Communication. Wenn man die oberen Enden öffnet und die Glascylinder in ihren vertikalen Führungen in die Höhe schiebt, so steigt nach dem physikalischen Princip der communicirenden Gefässe die Flüssigkeit in den Röhren, bis ihre Oberfläche in den letzteren und in den erwähnten Glascylindern in gleichem horizontalem Niveau steht.

Der Batteriestrom theilt sich, wie oben bemerkt, in zwei Arme, wovon der eine in den nach dem Pyrometer führenden Drähten und einer der Voltameterröhren einen bekannten Widerstand erfährt, während der andere die Leitungsdrähte, die Platinspirale und die zweite Voltameterröhre durchläuft. Die Messung des Widerstandes beruht auf zwei bekannten Gesetzen, dem Faraday'schen und dem Ohm'schen Gesetz. Faraday hat gezeigt, dass das in einem Voltameter in irgend einem vielfachen oder aliquoten Theile einer gewählten Zeiteinheit T entwickelte Gasvolumen V der Stromstärke S proportional ist. Demgemäss ist

$$V = ST, \text{ mithin } S = \frac{V}{T}.$$

Ohm hat bewiesen, dass die Stromstärke der elektromotorischen Kraft direkt, dem Leitungswiderstande aber umgekehrt proportional ist, d. h. dass

$$S = \frac{E}{R}.$$

Durch Gleichsetzung dieser beiden Verhältnisse hat man also

$$\frac{V}{T} = \frac{E}{R}, \text{ und somit}$$

$$V = \frac{ET}{R},$$

oder das Volumen des in jeder der beiden Röhren entwickelten Gasgemisches ist der elektromotorischen Kraft und der Zeit direct, dem Widerstande aber umgekehrt proportional. Hier sind zwei Elemente der Ungenauigkeit vorhanden: die elektromotorische Kraft und die Zeit. Die erstere unterliegt in Folge der Polarisation, der Temperatur und des Concentrationsgrades der Säure fortwährenden Veränderungen; und was die Zeit anbelangt, so ist es in den meisten Fällen schwierig, hierüber exacte Beobachtungen anzustellen. Diese Elemente der Ungenauigkeit mussten beseitigt werden, bevor jene Formel irgend eine praktische Verwendung finden konnte. Es wurde daher die zweite Voltameterröhre hinzugefügt, und der Schliessungsbogen, wie oben beschrieben, in zwei besondere Stromkreise abgetheilt. Nennen wir V^1 das Volumen des in dem zweiten Voltameter gesammelten Gasgemisches und R^1 den Leitungswiderstand im Schliessungsbogen, so haben wir nach dem Ohm'schen Gesetz:

$$V^1 = \frac{ET}{R^1};$$

da aber

$$V = \frac{ET}{R},$$

so folgt die Proportion

$$V : V^1 = R^1 : R$$

und hieraus

$$R^1 = R \times \frac{V}{V^1}$$

d. h. der Widerstand der pyrometrischen Spirale ist gleich einem konstanten R multiplicirt mit dem Volumverhältniss der in den beiden Röhren entwickelten Gase. Diese Formel ist, wie man sieht, von der elektromotorischen Kraft, von der Zeit und Temperatur unabhängig. Die einzige etwa noch übrig bleibende Fehlerquelle wäre etwa der feuerfeste Thon selbst, dessen isolirende Eigenschaft von einer gewissen Temperaturgrenze an sich vermindert. Der hieraus resultirende Fehler ist jedoch so gering, dass er praktisch vernachlässigt werden kann. Das angesäuerte Wasser sollte 10 Proc. Schwefelsäure enthalten. Die Auswahl des Platindrahtes für die Spirale erfordert einige Sorgfalt; denn aus einem und demselben Etablissement zeigten einzelne Proben bei 0° C

das 4,7 fache, andere dagegen das 8,2 fache Leitungsvermögen des Quecksilbers.

Die Manipulation mit dem in Rede stehenden Pyrometer ist folgende. Man adjustire das Niveau in den Röhren auf die oben beschriebene Weise, bringe den konischen Theil des langen Schutzcylinders in den Ofen, dessen Temperatur ermittelt werden soll, und stelle durch geeignete Drehung des Kommutators die Verbindung mit der Batterie her. Zur Vermeidung einer ungleichen Polarisation an den Electroden kehre man den Strom während der Beobachtung öfters um, unterbreche denselben, wenn das angesäuerte Wasser in der weniger beeinflussten Röhre ungefähr um 40 Theilstriche gesunken ist, und lese die Niveau's der Flüssigkeit auf den mit V und V' bezeichneten Columnen. An dem Durchschnitte zweier von diesen Zahlen gezogenen imaginären Linien findet man alsdann den Widerstand der Spirale und die entsprechende Temperatur des Ofens mit rothen und schwarzen Ziffern markirt.

Gegenüber der kritischen Beleuchtung von Schinz [1]) wie laut gewordenen Klagen über Unzuverlässigkeit auch dieses unbestreitbar keine auch annähernde Erhitzung bis zur Platinschmelzhitze [2]) gestattenden Pyrometers, wovon der Grund namentlich in einer chemischen Veränderung des stark erhitzten Platindrahts liegt, hat Prof. Weinhold in Chemnitz dasselbe einer genauen Vergleichung mit dem Luftthermometer unterworfen und dabei sehr günstige Resultate erhalten. Innerhalb der Temperaturen, welche Siemens zur Ermittelung der Konstanten der Widerstandsformel angewendet und mit dem Luftthermometer gemessen hat (0 bis 470° C.) zeigten sich gar keine über die Grenzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler hinausgehende Abweichungen; bei höheren Temperaturen ergaben sich zunächst positive, bei noch höheren Temperaturen negative Abweichungen, welche aber nach dem jetzigen Stande der Pyrometrie als unerheblich angesehen werden können und einfach durch Berechnung einer neuen Formel der Widerstandsänderung zu beseitigen sind; für die meisten praktischen Zwecke ist überdies eine Vergleichung verschiedener Temperaturen oder ein Festhalten einer bestimmten Temperatur viel wichtiger, als eine Kenntniss der absoluten Höhe der Temperatur, und es sind also die erwähnten Abweichungen für solche Zwecke ganz unschädlich. [3])

[1]) Dingler's Journ. B. 198, S. 394.

[2]) Um höher zu gehen müsste man Osmium, das strengflüssigste Metall, welches wir kennen, anwenden.

[2]) cf. Pogg. Ann. B. 149, S. 186—235.

Ferner hat eine Commission der British Association gefunden, dass das beste und neueste derartige Instrument (Produktionsnummer 445) bei starker, andauernder und wiederholter Erhitzung eine fast absolute Unveränderlichkeit ergibt.

Der Commissionsbericht, welcher indess bei längerer Benutzung eines jeden Apparates eine zeitweilige Controlirung stets für nothwendig erachtet, lässt noch unentschieden, worin das verschiedene Verhalten einzelner Exemplare, die Temperaturfehler von 30 bis 58° C. zeigten, beruht, ob in einer verschiedenen Qualität des verwendeten Platins (thatsächlich benutzt Siemens seit einiger Zeit eine etwas andere Platinsorte als früher und es gehört wahrscheinlich No. 445 zu dem aus dem neuern Platin hergestellten Exemplaren) oder ob in einer Lockerung der angelötheten Verbindungsstellen oder endlich — was sehr wahrscheinlich — in einer chemischen Wirkung der reducirenden Ofengase im Verein mit der Kieselsäure des Porzellancylinders, auf den der Platindraht aufgewunden ist.[1])

Während des Drucks erschien eine ausführlichere Abhandlung von C. W. Siemens über sein Pyrometer in Dingler's Journal 1875, B. 217, S. 291, auf die ich hier, in Kürze Folgendes hervorhebend, verweisen muss. Siemens fand, dass bei grösseren Temperaturintervallen die Abweichung von der Proportionalität zwischen Temperatur- und Widerstandsänderung eine erhebliche ist. Beim Platin ändern sich diese Verhältnisse sehr bedeutend durch eine ganz geringfügige Verunreinigung des Metalls. So z. B. bewirkt eine reducirende Atmosphäre für den Platindraht eine Aufnahme von Spuren aus dem Thon des Cylinders herrührenden Siliciums. Das grösste Leitungsvermögen zeigt das durch Zusammenschweissen von Platinschwamm erzeugte Platin, weil es am reinsten ist, und verwendet Siemens solches Platin ausschliesslich. — Der Thoncylinder ist so wenig wie irgend ein anderer Körper ein absoluter Nichtleiter. Die Stromstärke wird bestimmt aus der Menge des in einem Voltameter entwickelten Knallgasgemenges. — Bei sorgfältiger Behandlung, sagt Siemens zum Schluss, „giebt das Instrument vortreffliche Resultate; natürlich muss (s. oben) dasselbe von Zeit zu Zeit durch Beobachtung bei einer bekannten Temperatur controlirt werden.“

[1]) Deutsche Industrie-Ztg. 1874, S. 434.

Viertes Kapitel.

Behandlung des Thones.

Vorbereitung, Zubereitung, die dabei angewendeten Maschinen, die Versatzmittel.

Homogenität. — Als Eingang zu dem Kapitel — der Behandlung der Thone — ist der Homogenität oder Homogenisirung, dieser durch das ganze Thonfach hindurch zu beachtenden, ja in einzelnen Zweigen und Fällen sowohl äusserst wichtigen als absolut nothwendigen, unumstösslichen Forderung, hier ein besonderer Platz einzuräumen. Das Wort können wir kaum aussprechen, ohne sofort an A. Türrschmiedt, den unablässigsten, nie ermüdenden Kämpfer im Dienste der Homogenität, zu denken; ferner ohne uns zu vergegenwärtigen das Ringen des so überaus belesenen wie ideenvollen Keramikers, den damit zu verbindenden Begriff zu verdeutlichen, ihn jeweilig klar zu stellen, wie andererseits dessen ebenso beständige Rüge der von den Meisten nicht einmal geahnten Bedeutung dieses Begriffes auf dem Ziegeleigebiete.

Türrschmiedt, der die Homogenität, worauf zuerst Brongniart in seinem bekannten berühmten Werk als Fundamentalpunkt aufmerksam machte, mit des letztern eigenen Worten und diese noch weiter ausführend „als die Seele des Fabricirens im ganzen Poteriefach bezeichnete, als das A und O der Ziegeleien, als das unwandelbare Ziel aller Bearbeitung, ohne welche kein Erfolg, ja kein Heil, welche das laute Geheimniss“, erklärt sie in folgender Weise.

Türrschmiedt sagt:

Eine homogene mineralische Aggregation von richtungsloser Struktur führt den allgemeinen Namen Massivstruktur. Homogener Thon besitzt diese Struktur, das heisst keine wahrnehmbare, oder das Gegentheil aller Struktur; künstlich aus Thon bereitete Ziegel-

steine müssen gleichfalls Massivstruktur besitzen. Homogen ist im Allgemeinen der Gegensatz vom natürlichen Vorkommen der Thone. Alles, was man in diesem Zustande an den Thonen bemerken kann, Texturen, Schichtungen, Windung, Geader, Färbungen, Verballungen, Absonderung, fette und magere Partien, Wechsel von Sand, Schluff und Thon, jede Particularität also, muss an der homogenen Masse verschwunden sein.

Homogenität ist die Vernichtung aller sichtbaren Ungleichförmigkeit; Homogenität ist die durchgängig gleichmässige Beschaffenheit der Thonsubstanz, sie ist der Inbegriff des gleichartigen Vertheiltseins der constituirenden Materien. Gleich viel Thon, gleich viel Sand etc. muss im gleichmässigsten Durcheinander an jeder Stelle anzutreffen sein.[1])

Unhomogenität oder Homogenitätsfehler offenbaren sich an einem gebrannten Thonstück, wenn einzelne Partien, sei es durch Färbung, Porosität, Korn oder Anhäufungen irgend einer Art sich mehr hervorthun und bei einem fertigen gebrannten Werkstück, wenn sich darin resp. auf der Bruchfläche Ablösungen von der Grundmasse, Risse und Sprünge oder allgemein Continuitätsstörungen zeigen, welche eine Schwächung des Zusammenhanges nothwendig mit sich führen.

Wie die Unhomogenität resp. Ungleichheiten der Mischung, welche bei der Art der Bildung des Materials, bald des Gleichartigen durch die moleculare Anziehungskraft, bald des Ungleichartigen in Folge der Absonderung nach dem specifischen Gewicht vorkommen, auf dem Wege der Bearbeitung durch natürliche Mittel, wie Frost, auch Aussommern oder mechanische und theils künstliche, wie maschinelle Vorrichtungen, Trocknen über Oefen, Faulen u. s. w. zu beseitigen sind, folgt weiter unten.

Der Begriff der Homogenität erstreckt sich aber noch weiter als auf das Verwischen der natürlichen, meist sichtbaren Ungleichmässigkeit, er bezieht sich auch, wie schon angedeutet, ebenso auf die gleichartigste Vertheilung aller hinzugebrachten Beimischungen wie z. B. der Magerungsmittel etc. und selbst des Wassers.

Eine homogene Thonmasse, bestehend aus einem Gemisch von plastischen und unplastischen Bestandtheilen, muss eine durchgängig gleiche Vertheilung, selbst der kleinsten Theilchen derselben und

[1]) Wiewohl im Allgemeinen. wo es sich um Homogenität handelt, dieselbe nicht hoch genug getrieben werden kann, muss man doch für die Praxis die ideale Seite des Begriffs der Homogenität von der realen scheiden; denn eine absolute Homogenität durch mechanische Mittel ist ebenso unmöglich, als eine vollständige Trennung. Uebertrieben kann die Bearbeitung überhaupt nur werden, wenn die Kosten derselben mit den daraus zu erwartenden Vortheilen nicht im Verhältniss stehen.

einen gleichen Grad der Dichtigkeit wie der Plasticität an jedem Punkte aufweisen und ist daran festzuhalten durch alle Stadien der Fabrikation hindurch bis zum Brennen.

Hinsichtlich namentlich des gleichen Plasticitätsgrades zeigen die Thone bekanntlich ein verschiedenes Verhalten und gehören zu den schwer zu homogenisirenden Thonen die fetteren und noch mehr die fettesten, bei denen sich unerweichte oder unzertheilte Thonknötchen hartnäckigst erhalten.

Nimmt mit der Fettigkeit des Thones die Schwierigkeit der gleichartigen Wasseraufnahme wie überhaupt der Bearbeitung zu, so lässt sich doch aus solchem fetten Thon durch Zusatz geeigneter Magerungsmittel eine homogene Masse darstellen.

Unter Anderm wirkt der Sand in dieser Beziehung günstig, indem durch die Scharfkantigkeit und Grösse der Körner jede Ungleichartigkeit bald beseitigt wird.

Weit schwieriger als aus Thon und Sand ist die Herstellung einer homogenen Masse aus Thon und mineralischem Staub.

Bei den feuerfesten Thonen, welche in der Regel einer bestimmten, mehr gleichartigen, wohl auch reinsten Schicht entnommen werden, wozu bei der Anwendung noch kommt, dass der Bindethon häufig den kleinern Bruchtheil bildet, ist die Homogenisirung des Thones an sich von keiner solchen Bedeutung; dagegen spielt sie für die Masse jedweden Werkstückes in Bezug auf die Wasseraufnahme des Thons, dessen grösster, allerfeinster Zertheilung und innigster Durchmischung wie desgleichen für die Magerungsmittel in besonderen Verwendungsfällen oft eine höchst subtile, entscheidende Rolle.

Vorbereitung. Das Ziel aller präparativen Behandlung des Thones oder gewissermaassen dessen Aufbereitung oder der damit und in rationeller Weise vorzunehmenden vorbereitenden Operationen — besteht mit einem Worte darin: die vorstehend bezeichnete Homogenität herbeizuführen und folgt aus diesem vielumfassenden Begriff, dass zum sichern Erfolg nicht selten ein tieferes Eingehen in die physikalischen Eigenschaften des Thones erforderlich ist. Die betreffenden Arbeiten sind der Natur des Thones anzupassen und auf dessen genauer Kenntniss zu basiren. Im Allgemeinen ist hierbei die chemische Veränderung meist von geringerm Belang, als die physikalische; doch tritt gerade bei den feuerfesten Thonen erstere mehr in den Vordergrund.

Auswintern. — So pflegt man das Auswintern,[1]) dieses wirk-

[1]) Das Auswintern oder Auswettern, dieses zugleich billigste Mittel, bezweckt einmal eine leichtere mechanische Bearbeitung des Thones und zweitens ein chemisches Einwirken; indem dadurch einzelne Stoffe zersetzt, gelöst und

same Auflockerungsmittel, namentlich für die Ziegelthone, mittelst Frierenlassen und nachherigem Aufthauen und Aufweichen durch Regen, oder dem entgegengesetzt, das knochenharte Austrocknen durch sommerliche Hitze (Aussommern) mit den feuerfesten Thonen nicht vorzunehmen, bei denen ein Hauptaugenmerk vor Allem darauf zu richten, dass keine Unreinigkeiten irgend welcher Art hinzukommen.

Auswittern und dadurch bewirkte Reinigung und Scheidung. — Hier zieht man ein Verwittern, Verwettern oder Auswittern vor und bringt dieses Hülfsmittel, besonders bei den Schieferthonen, in Anwendung. Man setzt die Thone thunlichst zugänglich [1]) atmosphärischen, also mehr chemischen Einwirkungen, d. h. möglichst lange [2]) einem häufigen und nicht ungeeignet schroffen Wechsel der Hitze, Kälte, Sonne und des Regens aus.

Kommen z. B. Schwefelkies und kohlensaurer Kalk im Thon vor, so geht ersterer sich oxydirend nach und nach in schwefelsaures Eisenoxydul über und kann dieses mit dem Kalksalz in Gyps und kohlensaures Eisenoxydul, also auslaugbare Verbindungen, sich umsetzen. Durch im Thone enthaltene, an der Luft unter Feuchtigkeit und Wärme um so mehr der Zersetzung unterworfene organische Stoffe, werden andererseits Eisenoxydverbindungen reducirt und entstehen gleichfalls lösliche Eisenoxydulsalze.

Diejenigen der entstehenden Salze, wie z. B. der Gyps, welche mit Wasser krystallisiren und dadurch an Volumen zunehmen, können nach Kuhlmann [3]), ähnlich dem Froste, mächtig zum Zerfallen eines Thonmaterials beitragen.

Schieferthon von Garnkirck. — So wird der Thon von Garnkirck aus der Nähe von Gartsherrie, welcher bekanntlich ein grauer, bituminöser, wenig sandiger Schieferthon aus der schottischen Steinkohlenformation, dem Verwitterungsprocess ausgesetzt. Die 0,91 bis 1,83 Meter mächtigen Schieferthonbänke folgen dem Fallen und Streichen des Steinkohlengebirges, werden mittelst unterirdischen Bergbaues gewonnen und müssen, um ein gutes Produkt zu geben, möglichst frei sein von Sand und Schwefelkies, und namentlich von letzterem, der ein leicht schmelzbares Eisenthonsilikat

ausgewaschen werden. Türrschmiedt sagt darüber, „die Kräfte, mit denen die Natur arbeitet, sind denen wie sie der Mensch durch Maschinen in Anwendung zu bringen im Stande, doch noch um Manches überlegen.“ „Die Naturkräfte wirken nicht mit offener Gewalt, sondern gehen nur auf die subtilste Weise energisch zu Werke.“ Notizbl. VII, 145.

[1]) cf. Türrschmiedt, Notizbl. IV, S. 225 u. 229.

[2]) Den schwedischen Thon von Höganäs überlässt man über 10 Jahre lang der Verwitterung. cf. Dingler's Journ. 167. 37.

[3]) Dingler's Journ. B. 208, S. 127.

und Veranlassung zum Springen giebt. Er wird aus beträchtlicher Teufe gefördert und über Tage in Halden von 4,6 bis 6,1 Meter Höhe aufgestürzt, wo er denn 2 bis 3 Jahre auswittert, dabei heller wird, sich aufbläht und unter Wasseraufnahme seinen Schwefelkiesgehalt verliert, welcher in Eisenvitriol übergeht und von dem Regen ausgewaschen wird und schliesslich zu einem klebrigen, ballbaren Pulver zerfällt. Dabei zerfallen mehr die thonigen, homogenen Theile, während die kieseligen, sandigen als festere Masse sich erhalten. Dann unterwirft man denselben einer Klaubarbeit, wobei die sehr sandigen oder durch Eisenoxydhydrat braun gefärbten Schieferthonstücke oder die mit der Hand nicht leicht zerdrückbaren ausgehalten und theils weggeworfen, theils auf die Halden zurückgegeben werden zur nochmaligen Verwitterung.

Schieferthon von Stourbridge. — Das berühmte Lager von feuerfestem Thone, welches sich bei Stourbridge in der englischen Graftschaft Worcester (dicht an der Grenze von Staffordshire) findet, und welches mit dem zu Garnkirck zum Theil die bestbekannten feuerfesten Fabrikate liefert, hat eine Ausdehnung von etwa zwei englischen Meilen in der Länge und streicht in schiefer Richtung aus einer nicht genau bekannten Tiefe bis an die Erdoberfläche, wo es früher zu Tage ausging.

Das Thonlager selbst hat eine durchschnittliche Mächtigkeit von $1^2/_3$ M., welche jedoch stellenweise bis auf 1 M. sinkt. Die Qualität der verschiedenen Schichten ist sehr ungleich und namentlich in der Mitte besser, als da, wo der Thon mit dem Hangenden und Liegenden in Berührung kommt.

Die Gewinnung des Thones geht, wie wiederholt angeführt, in regelrecht bergmännischer Weise vor sich, genau wie die von Kohle und Eisenstein in jener Gegend.

Schon in der Grube wird der Thon in drei verschiedene Qualitäten sortirt: 1) die beste für Glashäfen und Hohöfen-Kernschachte bestimmte; 2) für Schmelztiegel, benutzt zum Schmelzen von Messing und Eisen (für feinere Waaren); 3) für feuerfeste Ziegel und Formsteine aller Art. Die ersten beiden Nummern werden bei der Verarbeitung mit schon gebranntem Thone gemischt, die dritte nicht, und zu ihr kommen auch alle die Abfälle der beiden ersten Sorten. Ausserdem wird in allen drei Qualitäten noch zwischen streng und mild, d. h. harter und weicher Abart, unterschieden; beide werden getrennt gehalten und nach Erforderniss gemischt. Die ersten beiden Qualitäten werden, sowie sie zu Tage gefördert sind, noch einmal sortirt. Weiber zerschlagen die Stücke mit dem Hammer und sondern jeden mit Aederchen von Eisenstein und anderen Verunreinigungen durchzogenen Theil aus.

Die so verworfenen Stücke kommen als *offal* (Ausschuss) zur dritten Sorte und gehen alle mit in die Ziegelei. Die für gut befundenen Stücke werden vor dem Mahlen ganz klein zerschlagen und einer letzten sehr sorgfältigen Sortirung unterworfen. Der vollständig ausgelesene und gereinigte Thon der ersten Qualität wird in ringsum geschlossenen Schuppen aufbewahrt, um ihn vor dem Regen zu schützen. Die anderen Sorten werden im Freien gelagert resp. lässt man sie verwittern. Alle diese Vorsichtsmassregeln sind durchaus nöthig, um die für Glashäfen u. dergl. erforderliche ausgezeichnete Qualität zu erreichen.

Ein solches Aussetzen den atmosphärischen Einflüssen geschieht unter Anderm bei den Thonen von Schneeberg in Sachsen und von Memmingen in Bayern.

Scheidung. — Um den Thon, wo es nöthig, von darin sichtbar sich vorfindenden fremden Körpern zu befreien, lässt man den noch weichen Thon unter einem Schuppen längere Zeit an der Luft trocknen und bewirkt darauf nach seinem äusseren Ansehen und seiner Beschaffenheit die Absonderung.

Die grösseren Blöcke zerschlägt man in Stücke, liest etwaige Gesteintrümmer, Schwefelkies und alle fremdartigen Beimengungen aus und bildet, sich anhaltend an gewisse äussere Kennzeichen, um verschiedene Qualitäten zu erhalten, mehrere Haufen. Diese Vorarbeit ist bei Thonen von unregelmässiger Struktur, oder wenn sie nicht aus derselben Grube stammen, unerlässlich, indem, wie dies die Analysen und auch die Erfahrung darthun, die Eigenschaften der Thone in den verschiedenen Schichten mannigfachem Wechsel unterworfen sind.

Zubereitung. — Hierzu gehört eine Reihe von Manipulationen, die mit den Thonen vorgenommen werden. So das Trocknen, das Einsumpfen, das Mahlen in Quetsch- und sonstigen Zerkleinerungswerken, das Sieben etc. und das Homogenmachen mittelst maschineller Vorrichtungen, wohin vor Allem der Thonschneider zu rechnen ist.

Trocknen. — Während die Töpfer- und Ziegelthone meist eingesumpft werden, lässt man die feuerfesten, nachdem sie zum Theil schon in oder ausser der Grube sortirt und ausgesucht oder sobald die Schieferthone ausgewittert und resp. gereinigt sind, in sorgsamster, reinlicher Weise trocknen, entweder in freier Luft in gut ventilirten Räumen, oder mit Benutzung sonst verloren gehender Wärme, oder direct über und in Brennöfen oder Kanälen oder z. B. zur Verdickung der Schlämmmasse in der Porzellanfabrikation mittelst der Thonfilterpresse. [1])

[1]) Eine nähere Beschreibung der Filterpressen findet sich von Seger Töpfer-Zeitung 1872, S. 52.

Mit Hülfe des Trocknens und des späteren Mahlens, das um so leichter und vollkommener zu bewirken, je trockner das Material ist, lässt sich eine recht gleichmässige Vertheilung der Gemengtheile des Thones in vollkommener Weise erzielen. [1])

Man sehe weiter Trocknen der geformten Masse im folgenden Kapitel.

Einsumpfen des Thones. — Die Zubereitung des Thones begreift in sich, doch nur nebenbedingend, das Einsumpfen [2]) oder das Einbringen des Thones in ausgedielte oder ausgemauerte, mit Wasser gefüllte Gruben. Wiewohl diese Operation für feuerfeste Thone in der Regel nicht, doch häufiger für feuerfeste Masse, in Gebrauch ist, so beschreibe ich dennoch kurz deren Zweck, Erfolg, wie die Bedingungen und deren vollständigere Erfüllung.

Sumpfen bezweckt den Thon in die zur Verarbeitung geeignete Consistenz durch Wasseraufnahme zu versetzen.

Der Thon muss meist erst ein- und durchweichen, um häufig nur vorbereitend eine verarbeitbare durchgängig gleichmässig weiche und ebenso event. gemischte Masse zu geben; denn durch Sumpfen allein das richtige Maass der Steifigkeit zu erlangen, ist ungemein schwierig.

Türrschmiedt bezeichnet das Einsumpfen als eine Vorarbeit und zwar als eine unerlässlich nothwendige für den Thonschneider. Gewöhnlich unterwirft man gut ausgewinterten Thon gleich dem Einsumpfen; bei dem dies nicht oder schlecht bewirkt war, ist ein vorheriges Zerkleinern in dünne Schichten durch Schneiden erforderlich. Das Einlegen des Thones in den Sumpf muss in regelmässiger Verbreitung mit der Schippe und bei verschiedenen Materialien lagenweise geschehen. Magerer Thon erweicht rascher als fetter. Ersterer nimmt weit weniger Wasser auf. Während der fette Thon auf ein Volum mehr als 1/2 Volum Wasser gebraucht, genügt bei mittelfetten 1/2 und bei magerem Lehm 1/4 Volum Wasser. Es

---

[1]) Ueber den besondern Werth des trocknen Mehls wie ferner des Austrocknens der Thone spricht sich Türrschmiedt eingehend aus, Notizbl. V, S. 391—395. Er behauptet, dass „durch Zerpulvern des trocknen Thones sich eine ebenso homogene Masse darstellen lässt, wie durch Bearbeiten im plastischen Zustande.“. Desgleichen cf. Seger, Notizbl. VIII, S. 122. Und weiter VII, S. 142. Die Mittel, um den Widerstand, welchen der Thon dem Wasser entgegenstellt, zu brechen, sind entweder Austrocknen, wie Aussommern oder Ausfrieren. Der knochentrockne Thon saugt das Wasser mit Begier ein, er sättigt sich damit mit solcher Gewalt, dass er in kurzer Zeit zu einem Schlammhaufen zusammensinkt, der auch nichts von seiner frühern Existenz, von Adern, Schichten, geflecktem Charakter u. s. w. verräth.

[2]) Türrschmiedt, Notizbl. V, 250, 382.

wird das Wasser verschluckt, so dass der gesumpfte Thon incl. Wasser ein geringeres Volumen selbst einnimmt, als der ungesumpfte.

Gewinterter Thon sumpft schneller und gleichmässiger, als unausgewinterter. Trockner Thon erweicht leichter, als halbfeuchter, und empfiehlt daher Türrschmiedt das Einsumpfen des lufttrocknen Thons, dem noch besser ein Schlämmen vorhergeht. Die Gaare wird dadurch angezeigt, dass ein Klumpen Thon bis in die Mitte durchnässt erscheint, plastisch ist, dem Druck nachgiebt und sich zwischen den Fingern gleichmässig ausstreichen lässt.

Mahlen des Thones und Mahlvorrichtungen (Walzen, Kollergang u. s. w.). — Zum Zerkleinern des lufttrocknen Thones überhaupt wird derselbe gemahlen mittelst Walzen[1]) zwischen zwei Cylindern von Eisen oder namentlich zwischen zwei aufrecht stehenden, mit dicken eisernen Bändern umgebenen Mühlsteinen, Kollersteinen, welche auf steinerner Bodenplatte laufen, oder, wenn auch seltener, gepocht.

Auch werden die zum Zerkleinern der Eichenrinde üblichen Lohmühlen angewendet.

Die Pochwerke wie die sogenannten Steinbrecher etc. dienen besonders zur Zerkleinerung härterer Massen, so des Schieferthones, des gebrannten Thones u. s. w.

Die aufrecht stehenden Mühlsteine verdienen zum Pulverisiren des Thones entschieden den Vorzug und sind sowohl zum Zerkleinern und vorherrschend in mehlartiger Form, wie Kneten, brauchbar.

Das Kollerwerk, sofern es aus Stein besteht, lässt eine Verunreinigung durch Eisen nicht zu und wird besonders in der Fabrikation feuerfester Steine verwendet. Die Mühlsteine drehen sich um eine Achse, welche, durch eine senkrechte Welle gehend, durch letztere um sich selbst bewegt wird und dieselben auf der mit einem eisernen Rande versehenen Fläche zum Umlauf nöthigt. Jeder Läufer verfolgt auf der Platte seinen eigenen Weg, da beide mit einander vereinigt die ganze Oberfläche der Unterlage einnehmen, zwei concentrische Kreise bildend. Den Steinen folgen an der vertikalen Welle zweckmässig befestigte eiserne Spatel, die so angebracht sind, dass sie die zu mahlende Masse fortwährend in den Weg der Steine schieben; eine befestigte Schaufel drückt gegen den Umfang der Läufer, um die etwa daran hängenbleibenden Thontheilchen abzustreichen.

Die beiden Mühlsteinen gemeinschaftliche Achse geht quer durch

---

[1]) Ein Walzwerk giebt besonders bei sehr harten Massen ein mehr klares Korn ohne viel Mehl.

ein längliches, in der aufrecht stehenden Welle angebrachtes Loch, wodurch es den Steinen möglich gemacht ist, sich zu heben, wenn sie auf ihrem Wege harten Körpern begegnen, die dem Druck ihres Gewichts Widerstand leisten.

Bei einem solchen Kollergang wird das Maximum des Nutzeffectes sehr beeinträchtigt durch den Umstand, dass das beim Zerquetschen entstehende Pulver die kleinern Stücke vor deren weiterm Zerkleinern schützt.

Dem zu begegnen ist daher bei diesen Verticalmühlen immer durch verschiedene Abänderungen und Vorrichtungen versucht worden.[1])

Ohne die bisher gebräuchlichen Kollermühlen[2]) wie die daran angebrachten zeitweiligen Verbesserungen im Einzelnen näher zu beschreiben, wende ich mich sogleich zu den neuesten derartigen und ähnlichen Thonmühlen, wie sie in dem Buche von Kerpely, „Anlage und Einrichtung der Eisenhütten 1873“, sich näher angegeben und von Zeichnungen begleitet finden.

Auf Taf. I[3]) sind Kollermühlen verschiedener Einrichtung ersichtlich gemacht. Die Fig. 1—9 zeigen eine solche nach einer Ausführung zu Anina im Banate.

In Fig. 1 ist dieselbe zur Hälfte im Längenschnitte nach AB der Fig. 3, in Fig. 2 die Vorderansicht der halben Mühle sichtbar gemacht; Fig. 3 ist eine untere Ansicht, bei Hinweglassung der Transmissionsspindel C, Fig. 5 eine theilweise geschnittene Hälfte der rechten, Fig. 4 eine Hälfte der linken Seitenansicht; Fig. 8 ist die obere Ansicht der Traverse D, Fig. 9 die obere Ansicht der Spindel E und Fig. 7 die Ansicht der Lagerständer FF.

Wie aus diesen Darstellungen deutlich genug hervorgeht, ist es hier der gusseiserne Sohltrog G, welcher rotirt, während die gusseisernen Walzen oder Läufer H auf der fixen Spindel E blos durch Friction mitgenommen und um ihre Achsen bewegt werden. Die vertikale Spindel J ist an ihrem unteren Ende mit dem Mühltrog G durch einen bei P sichtbaren Keil verbunden; in dem durch Schrauben l verstellbaren Fusslager L und dem Halslager M erhält sie ihre Führung, sowie in den Höhlungen mm die nöthige Schmiere.

---

[1]) Unter Anderm bewirkt dies Merckelbagh durch ein hinzugefügtes Siebwerk und combinirt damit noch einen vorbereitenden Zerkleinerungsapparat. Dingler's Journ. B. 177, S. 346. Bei den englischen Kollergängen hat man desshalb den Boden durchlöchert, wodurch das Feine stets entfernt wird.

[2]) Michaelis, die hydraulischen Mörtel 1869, S. 155; Lipowitz, Portland-Cementfabrikation 1868, S. 25; Loeff, Anleitung zum Bau von Kalk-, Cement-, Gyps- und Ziegelöfen 1870, Taf. 13.

[3]) Siehe Kerpely, die Anlage und Einrichtung der Eisenhütten 1873.

Die Bewegungsübertragung erfolgt durch die Riemenscheibe N auf die konischen Zahnräder O und O'. Die Walzen oder Läufer bestehen aus einem Kern H und aus einem Mantel H', welcher letztere auf den ersteren durch Holzkeile h befestigt wird. P ist eine an die Spindel E befestigte, feststehende Streichplatte, welche das Mahlgut immer in den Bereich der Walzen zu bringen hat.

Die Fig. 10—12, Taf. I, zeigen eine von den beschriebenen in vielen Stücken abweichende Construction zu Hermannshütte in Hörde, bei welcher aber ebenfalls die Sohlplatte rotirt, während die Läufer b an Holzsäulen, und zwar mittelst der Bügel a befestigt, und nur um die durch a gesteckten Bolzen drehbar sind. Die nähere Besprechung dieser Einrichtung folgt noch weiter unten unter den Trommelsieben.

Eine von diesen beiden Einrichtungen gänzlich abweichende Anordnung, wie sie auf der Eisengiesserei der Kölnischen Maschinen-Bau-Actiengesellschaft ausgeführt ist, stellen die Figuren 13 und 14, Taf. I, vor. Wie aus der theilweise im Schnitte, theilweise in der Seitenansicht dargestellten Fig. 13 zu ersehen ist, rotirt da die Walzenspindel a mitsammt der vertikalen Transmissionsspindel b, während der gusseiserne Mühltrog c fix bleibt. Aus der Stellung der beiden aus einem Stück bestehenden Walzen d geht auch hervor, dass diese auch nicht in einem Kreise rotiren, sondern dass jede derselben ihren eigenen Weg beschreibt, wodurch eine grössere Fläche des Thonmehles gleichzeitig bearbeitet wird.

Die Walzen mit Mantel herzustellen ist bei Thonmühlen, wo die Abnutzung nur eine unbedeutende ist, nicht eben nothwendig; wo man dieselben aber zum Zerkleinern von Charmotte und Quarz zu benutzen pflegt, muss jene Einrichtung durchaus empfohlen werden.

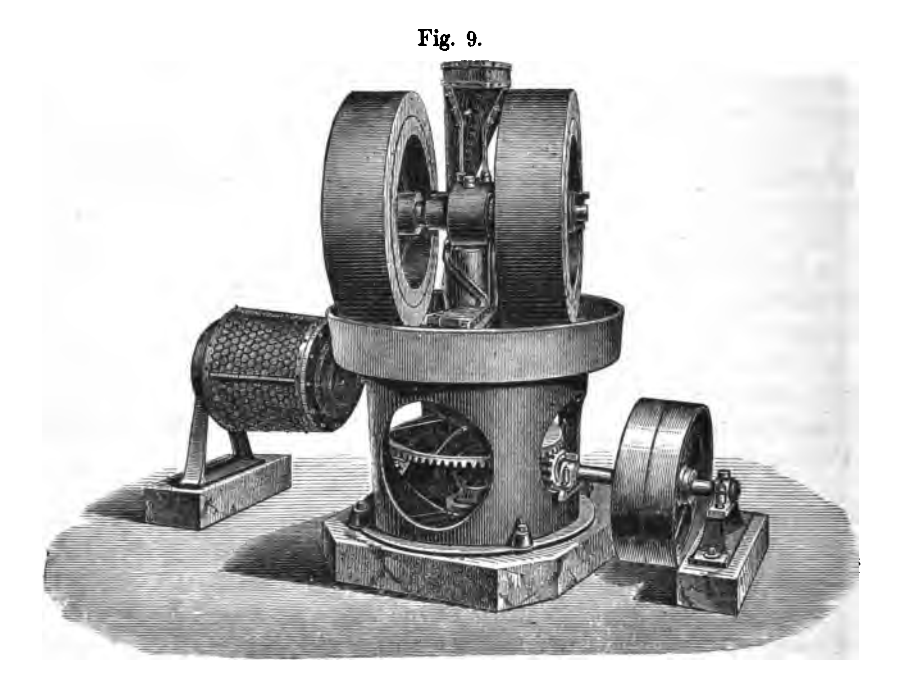
In England, namentlich zu Stourbridge, sind zum Mahlen des Thones auch Kollergänge in Gebrauch, bei welchen sowohl die Läufer als auch die Bodenplatte, der Trog, aus Steinen hergestellt sind.

Die Kollermühlen benöthigen zu ihrem Betriebe 3—4 Pferdestärken. Ihre Leistung erreicht zwar die der Stampfen nicht, allein sie liefern ein feineres Mehl. Bei grösseren Anlagen soll es sich auch empfehlen, beide Maschinen gleichzeitig und in geeigneter Aufeinanderfolge anzuwenden.

Kollermühlen neuer Construktion von der Maschinenbau-Actien-Gesellschaft Humboldt in Kalk bei Deutz haben nachstehende Einrichtungen. Dieselben (Fig. 9) sind freistehend, das zu zerkleinernde Material wird durch einen Trichter in der Mitte der beiden Läufer aufgegeben, in welchen man mittelst eines Becherwerkes das Material heben und einfallen lässt. Dasselbe Becherwerk giebt die

zu groben Stücke, welche eine unter der Mühle angebrachte Siebtrommel auswirft, auf die Mühle zurück. Das zu mahlende Material wird durch ein eigenes Scheer- und Rechwerk fortwährend vom Centrum nach der Peripherie der Bodenplatte gebracht, von wo es in gewissen Portionen in die Siebtrommel und die Gröbe aus letzterer ins Becherwerk gelangt, so dass ein continurlicher Gang stattfindet. Diese Rollgänge leisten nahezu das Doppelte im Vergleich mit den älteren Systemen und sind in 6 verschiedenen Grössen vorhanden.

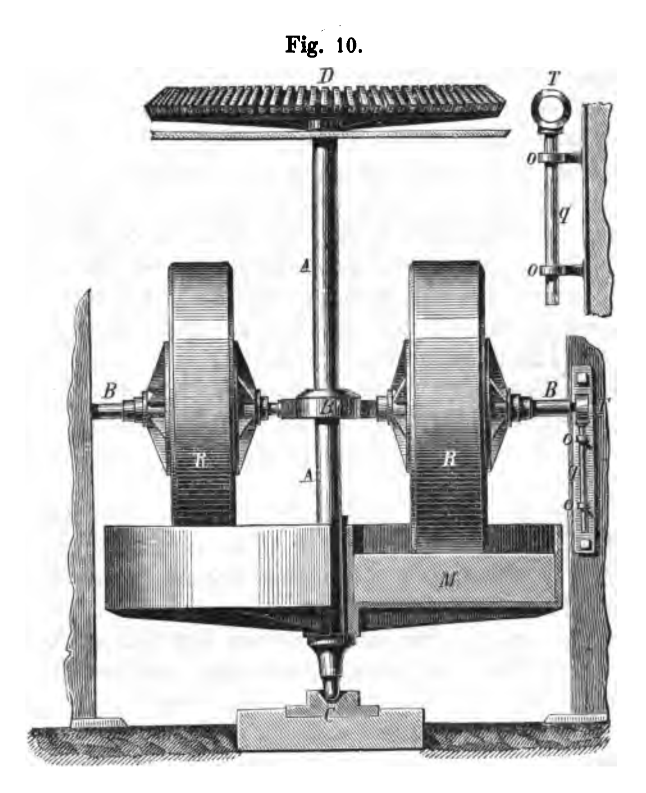
Fig. 9.



Auch bei den Quetschmühlen, welche z. B. in Sèvres und andern Thonwaarenfabriken in Anwendung sind, bewegt sich der Bodenstein in horizontaler Richtung um seine Achse unter den Läufern und dreht diese um sich selbst, ohne dass sie eine fortschreitende Bewegung haben. A (Fig. 10) ist die vertikal stehende eiserne Welle, die unten in dem Lager C ruht und oben durch das Zahnrad D und ein Trieb mit einer Dampfmaschine oder einem Wasserrad in Verbindung steht. An ihrem unteren Theile ist der Bodenstein M dauerhaft befestigt. Auf dem Bodenstein ruhen die beiden Läufer R mit ihrem ganzen Gewichte und diese werden durch die ihnen durch die Rotation des Bodensteins mitgetheilte Reibung in Umdrehung versetzt. Beide Läufer sind durch eine gemeinschaftliche

starke eiserne Achse B, auf welche sie lose aufgezogen sind, so dass sie sich um dieselbe drehen können, verbunden, und diese wird an ihren Enden von zwei auf- und abwärts beweglichen Lagern T gehalten. Die Achse B hat in der Mitte eine ringförmige Erweiterung B′, durch welche die Welle A frei passirt. Die Lager T sind in Fig. 10 (T) in der Seitenansicht gegeben, welche den Mechanismus genauer zeigen wird. Sie bestehen aus den eigentlichen ringförmigen, aus zwei Theilen zusammengeschraubten Lagern,

Fig. 10.



an denen an ihrem unteren Ende eine lange Stange q befestigt ist, die frei in den beiden Ringen o o gleitet. Diese Beweglichkeit der Lager ist unbedingt erforderlich, damit die Läufer wie oben gesagt, freien Spielraum haben, so dass sie sich heben, sobald sie einen grösseren Stein treffen, den sie durch ihr blosses Gewicht nicht auf einmal zu zerdrücken im Stande sind. Könnten sie diese aufwärts gehende Bewegung nicht machen, so würde in einem solchen Falle der Widerstand so gross werden, dass der ganze Mechanismus zertrümmert würde oder doch grössere Beschädigungen eintreten könnten.

Den Bodenstein und die Läufer dieser Mühle fertigt man entweder aus Gusseisen oder aus hartem Sandstein an. Das erstere wird man immer wählen, wenn es sich um die Zerkleinerung von Substanzen handelt, die zu einer nicht absolut farblosen Masse verwendet werden sollen. Zur Zerkleinerung des Feldspaths und der übrigen Bestandtheile der rein weissen Porzellanmasse kann man aber nur Sandstein anwenden, weil von dem Eisen sich so viel abreiben würde, dass dieses die Masse gelb färben könnte. Der Bodenstein wird dann äusserlich mit einem starken eisernen Ring umgeben und ruht auf eisernen Rippen, die sich in der Mitte zu einem Ringe vereinigen, durch welchen die Welle passirt. Ebenso sind die steinernen Läufer auf eisernen Rändern befestigt, durch die die Achse B geht.

Die Steine sind meistens nach ein oder zwei Umgängen der Mühle hinreichend zerquetscht. Das Pulver wirft man auf ein Sieb, welches am zweckmässigsten eine konische Form hat und so gestellt ist, dass die gröberen, nicht durch die Maschen des Siebes fallenden Steine sofort von selbst wieder auf die Mühle zurück gelangen und noch einmal der drückenden und zugleich reibenden Wirkung der Läufer ausgesetzt werden.

Nach Teirich bieten die neueren Kollergänge mit stabilen Walzen und rotirender Tischplatte den Vortheil leichtern Antriebes und grösserer Bequemlichkeit der Manipulation. Der Kraftaufwand beim Antriebe ist ein geringerer, die Centrifugalkraft der rotirenden Steine ist aufgehoben und hindert nicht mehr dem Apparat eine grössere Geschwindigkeit als bei den alten Construktionen zu geben, daher auch die Leistungsfähigkeit der neueren eine viel grössere wurde. (Dingler's Journ. 214, 17.)

Sieben. — Da in dem zerkleinerten Gut immer Körner von verschiedener Grösse vorkommen, so geht zunächst die Aufgabe dahin, jene Körner daraus auszuscheiden, welche entweder noch gar nicht oder nicht genügend pulverisirt sind.

Die Siebe [1]) sind entweder einfache, mehr oder weniger schief gestellte Wurfsiebe, ähnlich den in den Giessereien, zum Durchwerfen des Formsandes angewendeten, durch welche der Arbeiter das zerkleinerte Gut mittelst Schaufeln wirft und das davor fallende in den Zerkleinerungsapparat zurückbringt, oder man hat mit der Zerkleinerungsmaschine gleichzeitig bewegte Stoss- oder rotirende

[1]) Man verwendet für Thon solche, welche bis 200 Maschen auf den Quadratcentimeter haben, für Quarz 3—4 Drähte auf den Current-Centimeter, für Charmotte und Sandstein 2—3 Drähte. Alle Arten von Drahtgeflecht, darunter die feinsten, bis zu 40 Löchern auf den Current-Centimeter sind zu erhalten bei John Staniar u. Comp. in Manchester.

Trommelsiebe. Bei Fig. 1 und 2, Taf. I, tritt, z. B. in Anina, das Mahlgut zuerst durch eine Beutellute aus grober Leinwand und aus dieser über zwei Stosssiebe, deren oberes auf den Quadratcentimeter 60, das untere 40 Maschen hat; es genügt übrigens, wenn man, wie in der Zeichnung Taf. I, Fig. 3 angegeben, einfache Trommeln an die Austragsmündungen der Mühlen sich anschliessen lässt; der Rückstand dieser Trommeln, welcher sich in der äusseren Abtheilung ansammelt, wird sodann neuerdings auf die Mühle aufgegeben. Von den beiden Lagern jeder Trommel ist in der Fig. 3 das eine über der Austragsmündung, das andere auf dem Kastengestelle angebracht. Zwei ins Kreuz gestellte und zur Treibspindel der Mühle parallele Spindeln ertheilen durch Winkelräder den Trommelspindeln die drehende Bewegung.

Die Einrichtung der Stosssiebe erhellt aus den Fig. 15—19, Taf. I, die Einrichtung der Trommelsiebe und die Anordnung derselben gegenüber Koller- oder Schleudermühlen, aus den Fig. 10 und 20, Taf. I.

Bei der in den Fig. 10—12 gezeichneten Kollermühle, welche in Hörde zum Mahlen der Charmotte dient, gelangt das Mahlgut aus der Mühlschale in die rotirende Trommel t; die Rotation der Trommel erfolgt durch die konischen Räder u u'. Das Mahlfeine fällt durch den siebartig durchbrochenen oder aus Messinggeflecht bestehenden Mantel v, während das Siebgrobe die Spirale w erreicht, im Verlaufe der Drehung dem Cylinder x zugeführt und aus diesem durch die Schnecke y wieder in den Bereich der Kollergänge gebracht wird.

Noch erwähne ich ein einfaches sehr wirksames älteres Sandsieb, das sich angegeben findet: Notizblatt IV, S. 112 nebst Abbildung (Taf. II, Fig. 21), welche eine weitere Beschreibung des Apparates überflüssig macht. Auf einem mit Füssen etwas schräg aufgestellten Rahmen, 1,73 Meter lang, 0,78 M. breit, liegt an einer drehbaren, 4 Cm. starken Welle, die 1,6 M. lange und 0,6 M. breite Trommel, welche wegen der Centrifugalkraft in nicht zu raschem Tempo bewegt wird.

Zwei Mann, die vorn den Sand einwerfen, und ein Junge, der hinten an der Wrange dreht, sind im Stande, pro Tag drei Schachtruthen trocknen Sandes und mehr zu sieben. Zu beiden Seiten der Trommel erlaubt der Apparat das fortwährende Abkarren des Sandes, ohne dass die Siebenden in ihrer Arbeit gestört würden.

Michaelis[1]) hat einen Siebcylinder construirt, an welchem sich die abgenutzten Theile da, wo das Material auffällt, leicht und

[1]) Michaelis, die hydraulischen Mörtel, S. 168.

rasch auswechseln lassen. Die Wirkung desselben wird durch ein Schlagwerk ausserordentlich begünstigt.

Besonders erfolgreich ist es bei den Siebapparaten, eine solche Schlagvorrichtung, bewegliche Bügelarme, anzubringen.[1]

Der Fournier'sche Sandrätter[2]) besteht aus einem geneigten Siebe mit 3 beweglichen Füssen, um eine stärkere oder schwächere Neigung hervorzubringen. Zur Erschütterung des Siebes dient ein von einer Feder bewegtes Aufwerfbrett, welches sich neigt, sobald die Last des Sandes darauf geworfen wird, den Sand auf das Sieb streut und sich wieder hebt, wenn er herabgerutscht ist. Gleichzeitig bringt die Feder eine zitternde Bewegung des Siebbodens hervor. Letztere Vorrichtung ist mehr bei thonigen, fetten und feuchten Substanzen erforderlich, als bei trocknem Sande.

Mahl- und Sortirsystem. — In grössern Fabriken feuerfester Waare findet man die genannten Mahl- und Siebvorrichtungen zu einem in einander greifenden System verbunden. Zuerst gelangen die zu zerkleinernden Materialien, sind sie hart, in die Brechmühle, den sogen. Steinbrecher, als faustgrosse event. vorher mit der Hand zerschlagene Stücke, alsdann kommt die gröblich gepulverte Masse, gehoben durch ein Paternosterwerk, oder horizontal bewegt mittelst eines endlosen Bandes, unter die Grobwalzen[3]), hierauf unter die Feinwalzen, indem jene über diese angeordnet letztere speisen, und endlich unter die Kollersteine, wobei durch eingefügte Cylinder- oder Schüttelsiebe bei den Feinwalzen oder dem Kollergange stets das Mehl gleich abgesondert wird, bis man zuletzt nur Feines oder je nach Bedarf ein Gemenge von Feinem und gröbern Körnern erhält.

Am bedeutendsten ist hierbei die Abnutzung in dem Steinbrecher, dann bei den Walzen und weniger an den Bandagen der Kollersteine. Bei Hartguss ist dieselbe sehr ungleich, es entstehen grössere Vertiefungen, womit alsdann die Wirksamkeit sehr beeinträchtigt wird, und ist desshalb der theurere und schwieriger wieder eben zu arbeitende Gussstahl vorzuziehen.

Ausführung der Thon-Vor- und -Zubereitung in Belgien und England. — So beginnt man mit dem Trocknen in Angleur in Belgien, und wird hierauf der Thon mit einem Hammer zerschlagen, wobei er gereinigt wird resp. fremdartige Substanzen (Holz, Steine, eisenhaltige Partien, Schwefelkies) ausgehalten werden, alsdann wird

---

[1]) cf. Michaelis, S. 170.

[2]) Dingler's Journ. B. 184, S. 483.

[3]) cf. über derartige vorzüglich bewährte Walzensysteme, Anordnung wie Zeichnungen: Michaelis, die hydraulischen Mörtel, S. 162.

er unter Kollermühlen zerkleinert und durch ein Schüttelsieb geworfen. Auch nimmt man die Reinigung vor mittelst Schaben des trocknen Thons mit einem Messer.

Zu Andenne wird der Thon durch 3 Walzen zweimal zerquetscht und gelangt dann aufs Sieb. Drei Walzenpaare liegen untereinander, welche mit Sieben entsprechend verbunden sind, die höchstens 3 Mm. dicke Körner liefern.

Zu Moresnet bedient man sich zweier vertikaler Puddigsteine von 1,20 Mm. Durchmesser und 40 Cm. Dicke. Sie bewegen sich mit ungleichen Achsen gegen einander. Für Tiegel, wie weiter unten folgt, bedarf es noch einer weitern Zerkleinerung mittelst eines Kollerganges und Cylindersiebes. Man verwendet da Doppelsiebcylinder. Das auf dem innern grobmaschigen Siebe Zurückbleibende fällt auf den Kollergang zurück und das auf dem feineren Siebe sich Sammelnde kommt zum Mahlen, während das Siebfeine zur Verwendung tauglich ist.

In Garnkirck wird der nach mehrjähriger Verwitterung ausgeklaubte Thon auf Kollermühlen gemahlen, durch sehr feine Drahtsiebe geworfen und das Mehl mit Wasser continuirlich einem Thonschneider zugeführt, welcher den Thon von solchem Feuchtigkeitsgrad in untergestellte Gefässe entlässt, dass man ihn mit der Hand eben gut ballen kann, in welchem Zustande er möglichst rasch, damit er nicht theilweise austrocknet, zum Formen gelangt.

Der sorgfältig sortirte. Stourbridgethon wird auf Kollergängen gemahlen und zwar sind, um jede Verunreinigung zu verhüten, zwei verschiedene Mühlen vorhanden, auf deren einer ausschliesslich die besseren Sorten, auf der andern der Ausschuss gemahlen wird. Bei den Kollergängen ist sowohl Bodenplatte als Läufer von Stein mit dicken gusseisernen Ringen eingefasst. Vor dem Mahlen wird der Thon mit Wasser besprengt, so dass er eben feucht wird; dann geht er einige Zeit in dem Kollergange herum. Die Streichmesser desselben schaffen ihn auf einen breiten, endlosen, rotirenden Riemen mit hölzernen Querstegen (um das Zurückfallen des Thones zu verhüten); dieser transportirt ihn hierauf etwas höher hinauf in einen Schüttelrichter (Mühlrumpf), aus welchem er auf ein Rättersieb fällt. Was nicht durch das Sieb geht und am unteren Ende desselben abläuft, wird durch ein anderes endloses Band von der Einrichtung des eben beschriebenen wieder den Mühlsteinen zugeführt. Was durch das Sieb gegangen ist, wird noch einmal von der Hand gesiebt, um etwa zufällig hineingefallene gröbere Stückchen zu entfernen, eine Operation, welche natürlich sehr schnell von Statten geht, da nur sehr wenig auf diesen Handsieben zurückbleibt. Die Mühle für die geringste Sorte (Nr. III)

hat ganz dieselben Einrichtungen, ausserdem aber eine Art Knetapparat. Dieser besteht aus einem flachen, kreisförmigen Troge von 3,33 M. Durchmesser, an dessen einer Seite der gesiebte Thon continuirlich einfällt, während zugleich ein dünner Wasserstrahl ihn benässt. Im Mittelpunkte des Troges rotirt eine senkrechte Welle mit 4 horizontalen Armen von ungleicher Länge, an welchen krumme, sichelförmige Stahlmesser sitzen; diese Messer stehen im rechten Winkel zu den vier Armen, aber in derselben Horizontalebene. Einer der Arme reicht bis fast an die Peripherie, der zweite, dritte und vierte nehmen jeder immer an Länge gegen den vorhergehenden ab. Die an ihnen sitzenden Messer wirken also in schraubenförmiger Weise und schaffen den Thon, indem sie ihn mit dem Wasser durcharbeiten, zugleich in die Mitte des Troges, welche durchlöchert ist. Hier sinkt die zähe Masse langsam herab und kommt unten fertig zum Formen an, ohne, wie es dieser Schieferthon zulässt, weiter mit vorher gebranntem Thone gemischt zu werden.

Die Sorten I und II müssen natürlich, wenn sie von der Mühle kommen, auch noch mit Wasser so weit gemischt werden, dass sie genügend plastisch werden; die Durcharbeitung geschieht hier von Menschen durch Treten mit nackten Füssen. Maschinenarbeit wird hier sowohl als beim Formen absichtlich vermieden, weil die Masse dadurch zu dicht wird und dann im Feuer, beim Entweichen der Wasserdämpfe, dem Reissen ausgesetzt ist. Keine der Fabriken in Stourbridge gebraucht zum Kneten oder Formen Maschinenarbeit, obwohl sie bei dem sehr geringen Preise der Kohlen an jenem Orte sehr gerne dazu greifen würden.

Poch- und Stampfwerk. — Man hat ihre Anwendung neuerdings immer mehr beschränkt, weil sie ein starkes Geräusch und starke Erschütterungen verursachen, gewaltig stauben und das Arbeiten damit zu einer unerträglichen Aufgabe machen, häufiger Reparaturen bedürfen, wie eine starke Abnutzung der Stempelschuhe erleiden, dabei nur wenig fördern und nur eine mässige und ungleiche Feinheit zulassen.

Rostpochwerke. — Nicht unzweckmässig sind die mit durchbrochener Sohle versehenen Pochwerke (Rostpochwerke). Das durch den Rost Hindurchgehende wird durch eine unter demselben befindliche Schnecke hervor gebracht, um dann dem Mahlgang übergeben zu werden.

Blockmühlen. — Kurz führe ich hier an die besonders zum Mahlen von Quarz, Feuerstein, Sandstein und Feldspath schon länger benutzte Blockmühle, welche aus einem Bodenstein besteht, durch dessen Auge eine Welle geht, die an ihrem oberen Ende drei starke horizontale Arme trägt, an welchen vertikale Arme



befestigt sind, die eine Anzahl schwerer Steinblöcke vor sich herschieben. Die letzteren wirken als Läufer. Die Blockmühle kann vortheilhaft in grösseren Dimensionenn ausgeführt werden und liefert, wo es auf feinste und innigste Mengung verschiedener Gemengtheile durch nasses Zusammenmahlen ankommt, verhältnissmässig weit mehr Material, wie kleine Mühlen.

Mit einer Blockmühle, deren Bodenstein einen Durchmesser von 2 Meter hat, kann man in 24 Stunden 240 Kilogramm Quarz mahlen. [1])

Disintegrator. — Der vielversprechende Disintegrator von Carr ist seit etwa 10 Jahren bekannt und findet sich in Dingler's Journ. B. 185, S. 137 und Notizblatt III, S. 170 beschrieben.

Während bei allen sonstigen Mahlvorrichtungen das zu zerkleinernde Material der reibenden und drückenden Wirkung zweier Flächen ausgesetzt ist, so schwebt dasselbe beim Disintegrator in der Luft und ist jedes Theilchen des zu mahlenden Gegenstandes in jedem Augenblicke nur mit einer Fläche in Berührung. Das Glied der Ruhe, der Auflagerung fehlt hier also und ist durch ein bewegtes, ein durch Centrifugalkraft erzeugtes ersetzt. [2]) Die Maschine vereinigt somit die reibende, schlagende Wirkung mit momentanen Fortschleuderungsstössen.

Der Apparat besteht aus einer Reihe von Stäben, die auf zwei parallelen und runden Scheiben in gleichmässigen Zwischenräumen cylindrisch und in concentrischen Kränzen angebracht sind. Ein Ende jedes Stabes desselben Kranzes ist in die eine Scheibe solide befestigt und das gegenüberliegende Ende des nächstliegenden Cylinders von Stäben in die andere Scheibe. Solche in einander liegende aus Stäben gebildete Cylinder sind in den bis jetzt ausgeführten Mehlmühlen 14 vorhanden, für die Zerkleinerung von Charmotte, Thon u. s. w. genügen je nach dem Korn, welches diesen gegeben werden soll, eine geringere Anzahl. Die Scheiben mit ihren gegenseitig in einander greifenden Kränzen von Stäben sitzen auf je einer horizontalen Welle; mittelst Riemenscheiben wird ihnen eine schnelle Umdrehung von 500 bis 600 Touren per Minute ertheilt und die zwischen den Stäben durchgehenden Materialien erhalten hierbei freischwebend eine Anzahl von Schlägen, durch welche sie in grösserem oder geringerem Grade zertrümmert werden.

In englischen Fabriken für feuerfeste Produkte, Thonröhren,

---

[1]) Weiteres nebst Zeichnungen Kerl, Thonwaarenindustrie S. 117—119.

[2]) Dasselbe Princip benutzt die Königl. Berliner Porzellanmanufactur zum Zerkleinern des Feldspaths, was in einer rotirenden Trommel geschieht, die inwendig mit Porzellanplatten ausgefüttert ist und worin sich gleichzeitig runde Kieselsteine als Zerreibungsmittel befinden. Töpfer-Ztg. 1874, Nr. 11.

Ziegel u. s. w. wird der Disintegrator vielfach angewendet, um Thon, Schieferthon, gebrochene Röhren, gebrannte Ziegel oder nassen Thon, so wie er aus der Erde gestochen wird, in einen feinkörnigen Gries zu verwandeln. Die Maschine mit 1,9 M. Scheibendurchmesser wird hierzu meist verwendet und liefert pro Stunde 200—400, sogar 600 Centner, je nach der Beschaffenheit des zu zerkleinernden Materials, mit einem Kraftaufwand von 16 bis 20 Pferdekraft. Sie kostet 190 Pfd. Sterl. Dieselbe besonders stark gebaut, zum Pulvern sehr harter Materialien mit Stahlstäben kostet 296 Pfd. Sterl.

Der Disintegrator hat bei uns bis jetzt nur vereinzelt Anwendung gefunden[1]) und tadelt man daran den verursachten entsetzlichen, für die Arbeiter wie die Maschinentheile nachtheiligen Staub. Wird der Thon angefeuchtet, so wird er nicht genügend fein oder ballt sich im Mantel fest. Für sehr harte Materialien reicht der Disintegrator nicht aus oder zerbrechen die Metallstäbe.

Seine Leistungsfähigkeit ist sonst eine sehr grosse, aber bei bedeutendem Kraftverbrauche.

Am meisten wegen ruhigen Arbeitens und nicht Warmlaufens werden empfohlen (Notizblatt IX, S. 48) die Disintegratoren aus der Mannheimer Maschinenfabrik von Jos. Pallenberg. Sie kosten 12—1400 Gulden und mit Stahlstäben 15—20 Procent mehr.

An derselben Stelle macht auch Segers aufmerksam auf einen Apparat, Separator genannt, welcher von den Herren Siehmon & Rost in Pest in Vorschlag gebracht ist.

In Anina, im Banate, bedient man sich zur Zerkleinerung des auf Kollermühlen bis Nussgrösse vorgequetschten Quarzes und eines zur Ziegelfabrikation benützten gebrannten, feuerfesten, sehr zähen Kohlenschiefers, einer Rittinger'schen sogen. Schleudermühle, von der in Fig. 20, 22, 23, Taf. I, Zeichnungen mitgetheilt sind. Fig. 22 zeigt die Mühle im Querschnitte, Fig. 23 im horizontalen Durchschnitt nach der Linie AB und Fig. 20 deutet die unter Umständen geeignete Anordnung und Aufstellung derselben an. f ist eine horizontale, gusseiserne Scheibe von 30 Zoll Durchmesser, welche auf dem oberen Ende der Vertikalspindel h aufgekeilt ist; sie muss abgedreht sein, damit der Schwerpunkt genau in ihren Mittelpunkt falle. Die auf diese Scheibe aufgenieteten 6 Flügel gg haben eine Höhe von 9 Cm. und müssen aus demselben Grunde nicht nur gleich schwer, sondern auch auf der Scheibe gleichmässig vertheilt sein.

[1]) Nach Teirich (siehe weiter unten) hat sich der Disintegrator behufs Zerkleinerung von Quarz und Charmotte, ja selbst mit ausgezeichnetem Erfolge als Bearbeitungsmaschine für feuchten Thon bewährt. Dingler's Journ. 214, 17.

Der die Scheibe umgebende verzahnte Kranz k aus Gusseisen hat eine Höhe von 12 Cm. bei einer Dicke von 3 Cm. und es springen dessen Zähne 4—5 Cm. über dessen innere Peripherie vor. Zwischen der Scheibe und den Zähnen befindet sich ein Spielraum, welcher nach der Grösse der zu verkleinernden Substanz und nach dem Grade der Zerkleinerung 3—5 Cm. weit gehalten werden muss, damit die erzeugten Splitter frei herabfallen können. Der Zahnkranz wird in dem ihn umgebenden gusseisernen Gehäuse a durch einige hölzerne Keile festgehalten, so dass derselbe sich leicht auswechseln lässt; nach unten setzt sich das Gehäuse in einen durchbohrten starken Cylinder fort, welcher gleichsam das Gestell desselben bildet und an eine Bodenplatte festgeschraubt ist, oder mit dieser aus einem Stück besteht. Unterhalb der Scheibe f fällt der Boden des Gehäuses nach zwei Seiten ab und zieht sich zu zwei halbkreisförmigen Mündungen c, von 35 Cm. Breite und 18 Cm. Höhe, welche über die Durchbrechungen des Gestells herausragen, zusammen. Nach oben wird das Gehäuse durch einen Deckel abgeschlossen, in dessen Mitte sich eine trichterförmige Eintragsöffnung e befindet.

Von den beiden Lagern der vertikalen Spindel h ist das Fusslager an die Bodenplatte, das obere an das Gehäuse angegossen und jedes mit einer Metallhülse ausgefüttert; im Fusslager lässt sich überdies das Bodenplättchen durch eine Stellschraube in vertikaler Richtung etwas vorrücken.

Auf die vertikale Spindel h wird die Bewegung von einer horizontal gelegten Triebspindel aus durch die Winkelräder r und r' übertragen; die Lager der letztgedachten Spindel sind auf der verlängerten Bodenplatte der Mühle angebracht.

Die Schleudermühle benöthigt zu ihrem Betriebe 4—5 Pferdestärken. Die Leistung pro 24 Stunden beträgt, bei 500 Umgängen in der Minute, 240—270 Centner bis griesfeines Mehl oder über 300 Centner grobes Gut. Der Arbeiter erhält 1,8 Kreuzer pro Ctr. Mehl.

Nach Teirich [1]) hat man durch manche Verbesserung, namentlich der Lagerung hinsichtlich der stark beanspruchten Wellen, diesem trefflichen Apparate, der sich besonders in Thonwaaren-Fabriken noch viel zu wenig Eingang verschafft hat, grössere Stabilität und Dauerhaftigkeit zu geben gewusst.

Durch Vergrösserung des Trommeldurchmessers ist es möglich geworden, die Umdrehungszahlen für die stark beanspruchten Wellen

---

[1]) Teirich in seinem wiederholt angeführten werthvollen Bericht. Dingler's Journ. B. 214, S. 18.

zu reduciren; immer aber machen die grössten bis jetzt gebauten Disintegratoren von 1,5 M. Diameter eine Umdrehungszahl von 400—550 Touren, was einer enormen Umfangsgeschwindigkeit von ca. 30 M. pro Sekunde entspricht. Bei solcher Arbeit benöthigt der Apparat freilich zwischen 15—20 Pferdestärken zum Antriebe, leistet dann aber auch 20,000 Kilogramm pro Stunde, selbst bei einem sehr harten Materiale, da er im Gegensatze zu anderen Pulverisatoren die härtesten Körper am leichtesten zermalmt.

Disintegratoren der bisher am häufigsten angewendeten Grösse von einem Durchmesser von 1 M. verarbeiten mit 7 Pferdestärken Betriebskraft durchschnittlich 7000 Kilogr. Rohmaterial zu Pulver von ganz bedeutender Feinheit.

Als Mischapparat für verschiedene Thonsorten ist ein Disintegrator trefflich zu verwerthen, ebenso als Vorbereitung für Maschinen, die trockenen Thon zu verarbeiten, oder für Ziegelpressen, welche grubenfeuchtes Material zu formen haben. Namentlich kalksteinhaltige oder schotterige Thonsorten werden solcherweise — und zwar auch billig und zweckmässig gereinigt, resp. die störenden Beimengungen so sehr vertheilt, dass sie in der ganzen Masse unschädlich werden.

In der deutschen Thonwaaren-Industrie hat sich der Disintegrator nun freilich noch kaum eingebürgert. Anders in England, dort wird er bereits häufig verwendet. Wir haben ihn bei Gibbs and Canning in Tamworth, bei G. Jennings in Poole, Perrens and Harrison in Stourbridge, Ensor and Sons in Burton-upon Trent und bei Cliff and Son in Leeds zur vollen Zufriedenheit arbeiten gesehen.

Noch führt Teirich zwei sehr schön gearbeitete Disintegratoren von Selbach und Deiters in Mannheim an, welche sich durch die Möglichkeit der Regulirung während des Ganges mittelst Anziehen von Keilen ebenso auszeichnen, wie durch die sehr zweckmässige Construktion der ganz geschlossenen Lager, welche vor Staub, der stets im Gefolge solcher Zerkleinerungsmaschinen sich findet, vollständig geschützt und so eingerichtet sind, dass mit geringstem Oelverbrauch die bei so hohen Umdrehungszahlen nöthige ausgiebige Schmierung gewissermassen selbstthätig vorgenommen wird.

Steinbrecher. — Derselbe wird mit Vortheil angewendet, um harte Materialien, wie Sandstein und Charmotte, bis zu einer gewissen Grösse vorarbeitend zu zerkleinern.

Als ausgezeichnet hervorgehoben wird nach Dingler's Journal B. 194, S. 197 die Steinbrechmaschine von Marsden, Fig. 11 und 12. Sie besteht aus einem festen Gestell A, an dessen einem Ende

der fixe Brechbacken B aus Hartguss angebracht ist; der andere bewegliche Brechbacken C sitzt auf einer Achse, deren Enden in beweglichen Lagern ruhen, um die Entfernung der beiden Backen nach Erforderniss verändern zu können.

Fig. 11.

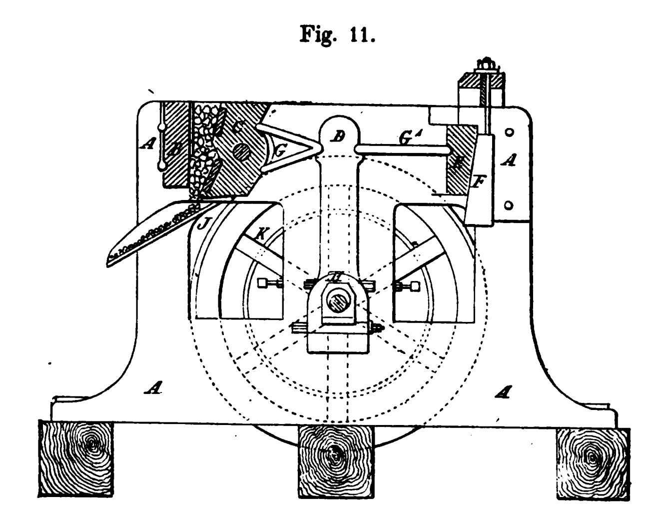
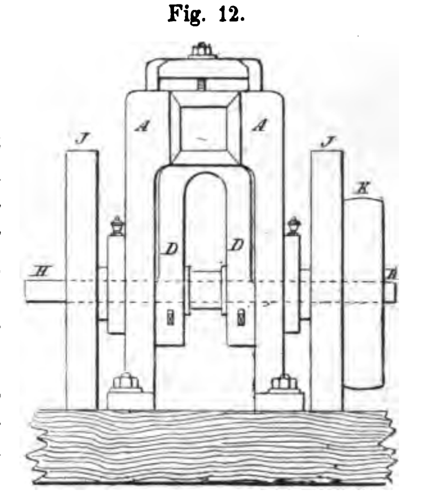


Fig. 12.



Der bewegliche Brechbacken C ist mit Stahlplatten in der Art bekleidet, wie dies aus dem Schnitt in Fig. 12 ersichtlich ist; die Bewegung desselben erfolgt mittelst des Kniehebels GG und der Schubstange D an dem Excenter der Welle H. Auf dieser sitzen zu beiden Seiten die Schwungräder JJ, ferner die Riemenscheibe, auf welche der Antriebsriemen gelegt wird.

Die Wirkung des Kniehebels besteht nicht nur in einem Annähern und Entfernen des beweglichen Backens C von dem fixen B, sondern auch in der Hervorrufung einer eigenthümlichen schaukelnden Bewegung, wodurch das Material zwischen die Brechbacken gebracht und allmälig zerquetscht wird.

Ferner ist hier anzuführen Camroux's anders arbeitender Steinbrecher, Dingler's Journal B. 198, S. 196. — Als Vortheile dieser in Fig. 13 in einer perspectivischen Ansicht dargestellten Stein-

brechmaschine werden bezeichnet: continuirliche Arbeitsleistung, leichte Transportirbarkeit, endlich sehr einfache Construction, weshalb die Maschinentheile nicht leicht in Unordnung gerathen können.

Die glatten oder gekerbten Brechscheiben werden (wie aus der Figur ersichtlich) mit gleicher oder ungleicher Geschwindigkeit in Umdrehung versetzt. Das Auswechseln der Scheiben geht so einfach vor sich, dass der gewöhnlichste Arbeiter diese Maschine in der kürzesten Zeit zu bedienen lernt.

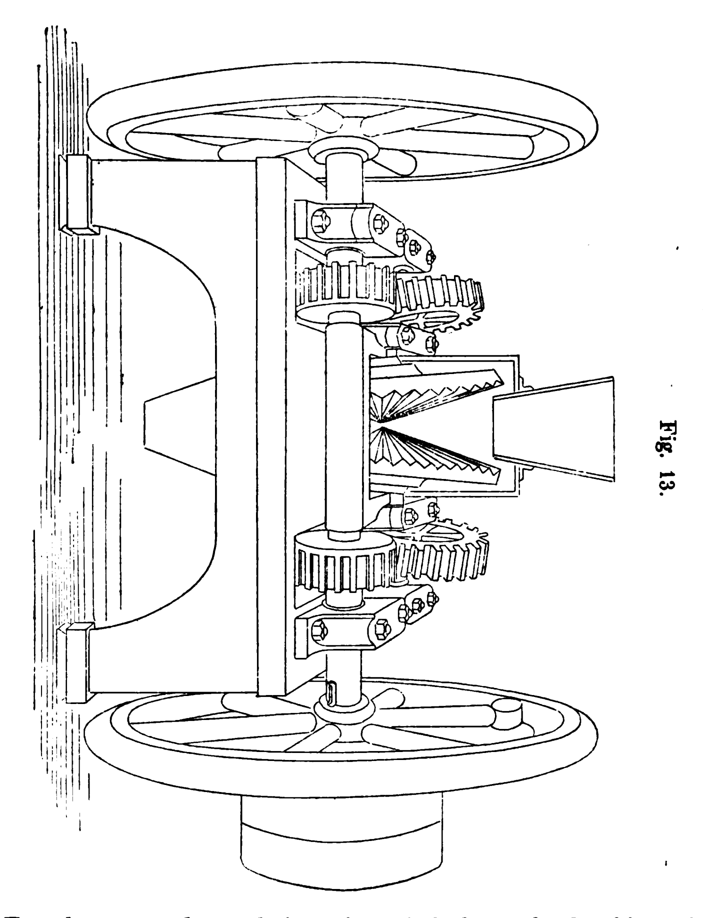


Fig. 13.

Erwähnenswerth erscheint eine einfache, sehr kräftig gebaute Steinbrechmaschine von Godman:

Ein fester Kolben mit gefurchter Stirnfläche wird hin und her bewegt, dabei wider eine gegenüber befestigte, ebenfalls gekerbte Brechplatte getrieben. Um jedoch die Wirkung zu erhöhen, wird der Kolben durch Anordnung eines zweiten Excenters in eine

eigenthümliche Bewegung versetzt, welche an das Kauen erinnert, wobei das Material allerdings gleichförmiger zerkleinert werden kann.

Die Leistungsfähigkeit ist mit 20—60 Tonnen pro Tag (10 Arbeitsstunden) und der Kraftbedarf mit 3—6 Pferdestärken angegeben. [1])

Archer's noch anders arbeitende Brechmaschine (Dingler's Journ. B. 204, S. 364), ist in Fig. 14 in einem Längenschnitt dargestellt. Das zu zertrümmernde Material wird von oben zwischen die Walze A und die Brechbacken B eingeleitet. Letztere machen vermöge der Verbindung mit der Hauptwelle C eine oscillirende Bewegung, während die Walze A von der Welle C aus durch Riemen und Zahnräder eine langsame Drehung empfängt. Die wirksamen Theile der Walze A und der Brechbacken B sind zum bequemen Auswechseln eingerichtet. Je nach der Länge der stellbaren Kurbel auf der Hauptwelle wird das Material in grössere oder kleinere Stücke zermalmt.

In der Praxis zieht man die direct wirkenden Steinbrecher den indirect wirkenden vor, da erstere weniger Reparatur bedürfen. [2])

Teirich über Steinbrecher. — Nach Teirich [3]) zeichnet sich der Steinbrecher durch eine besondere Leistungsfähigkeit und Einfachheit der Construction aus, was bei so sehr angestrengten Maschinen stets ein wesentlicher Vortheil ist. Ausser dem Bruche einer leicht zu ersetzenden Backe des Brechmaules ist ein solcher Steinbrecher guter Construction fast unverwüstlich. Im Vereine mit einem Walzen-Quetschwerk und Siebapparat kann er auch die Zerkleinerung der Rohstoffe auf einen sehr hohen Grad der Feinheit bringen.

Wesentlich bei diesem sonst so einfachen Apparate ist die Beschaffenheit des Eisengusses, der, wenn spröde, selbst bei den stärksten Dimensionen in Stücke geht. Es wäre wünschenswerth, dass die Fabrikanten hierauf mehr Rücksicht nehmen möchten, als dies bisher oft geschehen.

Von österreichischen Firmen war in Wien von Korösi in Graz ein der Construction nach guter, sehr stark gebauter Steinbrecher ausgestellt.

Sehr sauber und fleissig ausgeführt ist ein schöner Apparat von Selbach & Deiters in Mannheim, dessen Construction die Regulirung

---

[1]) Dingler's Journ. B. 202, S. 189.

[2]) Man sehe ferner Michaelis, S. 157—168, Quetschwalzenapparat, Steinbrechmaschine und Brechschnecke nebst Zeichnungen.

[3]) Dingler's Journ. B. 214, S. 19.

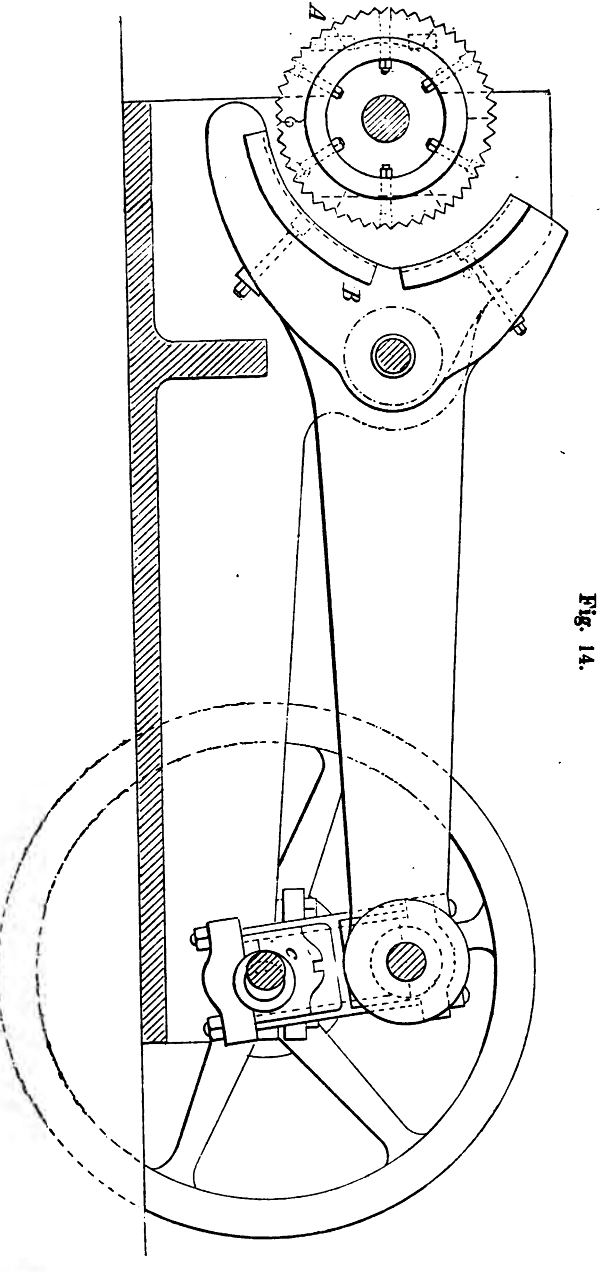


Fig. 14.

des Ganges der Maschine resp. die Grösse der zu erzeugenden Stücke ebenso zulässt, wie bei Korösi.

Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit dieser Maschine folgen wir den Angaben der Fabrikanten, welche uns von verschiedenen Seiten bestätigt wurden und die wir selbst zu erproben Gelegenheit fanden. Es verbraucht beziehungsweise verarbeitet ein Steinbrecher:

Nr. 1 mit Brechmaul-Oeffnung von 500×300 Mm. 8 Pferdest. resp. 75000 K.

Nr. 2 mit Brechmaul-Oeffnung von 450×250 Mm. 8 Pferdest. resp. 50000 K.

Nr. 3 mit Brechmaul-Oeffnung von 325×220 Mm. 8 Pferdest. resp. 30000 K.

bei einer Arbeitszeit von 12 Stunden.

Die Kosten eines solchen Apparates variiren je nach der Grösse zwischen 1600 bis 800 Gulden. Gewöhnlich sind die beiden Backen des Brechmaules mit zwei leicht auszuwechselnden gussstählernen gerippten Platten armirt, welche bei guter Construction so ziemlich die einzigen, allerdings auch sehr starker Abnutzung unterworfenen Theile sind.

Ferdinand Del in Vierzon (Cher, Frankreich) verwendet jedoch an seinem transportablen Steinbrecher gehärtete Stahlbleche zum Schutze der gusseisernen Backen, welche glatt, ohne Riefung bleiben. Del stellte seinen Steinbrecher auf einen, für dessen immerhin bedeutendes Gewicht denn doch zu schwindsüchtig construirten hölzernen Wagen. Auch hier ist durch Anziehen eines Keiles die Brechmaulweite zwischen 5 und 60 Mm. während des Ganges veränderlich; im Uebrigen steht Construction und Solidität der Ausführung den vorhin genannten Apparaten nach, von welchen namentlich die der Mannheimer Fabrik sehr compendiös und gut angeordnet sind. Die Leistungsfähigkeit des französischen Concasseur wird bei einer Brechmaulbreite von 350 Mm. auf ca. 30—35 Kubikmeter bei einer Betriebskraft von 5 Pferdestärken angegeben.

Der Preis von 4400 Francs ist gegenüber den deutschen Fabrikaten ein relativ höherer.

Ferner behauptet Teirich [1]), dass dort, wo es sich um Zerkleinerung geringerer Quantitäten handelt, wohl immer noch in den Thonwaaren-Fabriken das Stampfwerk im Gebrauche sei. Die oft noch übliche, recht primitive Construction desselben aus Holz mit Daumenwelle wird aber jetzt gewöhnlich ersetzt durch die ausschliessliche Anwendung des Eisens, wie wir sie an dem schönen Pochwerke der schon mehrfach genannten Firma Selbach & Deiters in Mannheim finden. Das sehr schön gearbeitete Pochwerk hat sechs rotirende Stempel, je im Gewichte von 250 Pfund.

---

[1]) Dingler's Journ. B. 214, S. 22.

Die Roste sind mit gelochten Stahlplatten garnirt und der Stampftrog durch einen gusseisernen zweitheiligen Aufsatz verschlossen, der durch angebrachte Thüren zugänglich gemacht wird. Namentlich für stark staubendes Material ist diese Anordnung zweckmässig. Die Auswechslung der ausgenützten gusseisernen Stempelschuhe ist leicht vorzunehmen. Der Apparat, welcher ca. 5 Pferdestärken zum Betriebe bedarf, leistet je nach der Art des aufgegebenen Materiales sehr viel, immerhin aber viel weniger, als die vorgenannten Hämmer.

Angabe von Firmen bewährter Thonmaschinen. — Es mögen hier beispielsweise — ohne Anspruch auf Vollständigkeit, wesshalb man irgend eine Hintansetzung von nicht Genannten darin nicht suchen möge, — die Namen einige der bekanntesten Fabrikanten bewährter Thonmaschinen folgen.

In England sind zu nennen die verschiedentlich prämiirten Maschinen von H. Clayton & Co. Atlas Works London.

Bei uns werden die besten Steinbrecher wie auch Walzen etc. von der ganz besonders für Bergbau und Hüttenwesen renommirten Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Humboldt in Kalk bei Deutz, ferner von der Aktien-Gesellschaft Vulkan, sowie von Möller & Hollberg in Stettin geliefert.

Für Thonschneider, Walzwerke und Nachpressen sind anerkannt[1]) empfehlenswerth die Gebr. Schmerber in Mühlhausen im Elsass und für Ziegelpressen J. Jordan Sohn in Darmstadt.

Bei den weitbekannten Thonmaschinen von Schlickeisen in Berlin rühmt man die gute Construction, doch in den einzelnen Theilen sollen hinsichtlich genügender Stärke mitunter Wünsche übrig bleiben.

Die Maschinen von Hertel & Co. in Nienburg a. d. Saale sind geschätzt zur Bearbeitung einer kurzen, feinkörnigen, sandigen und sehr steifen Masse.

Für Disintegratoren wurde schon oben der Mannheimer Maschinenfabrik in auszeichnender Weise gedacht.

Beiläufig erwähne ich noch, dass gute Röhrenpressen von Gebr. Sachsenberger in Rossla a. d. Elbe geliefert werden.

Homogenisiren des Thones mittelst maschineller Vorrichtungen. — Zu den genannten natürlichen oder künstlichen Mitteln der Homogenisirung des Thones kommen in der Regel noch maschinelle und diese mehr für die Thonmasse. Je mehr jene ihrem Zweck Genüge gethan, um so vollständiger ist die Wirksamkeit der Maschine. Vermag sie auch an der Qualität des Materials nichts zu

[1]) cf. Näheres Seger, Notizbl. IX, S. 237.

ändern, so kann sie aber hinsichtlich der Zertheilung und namentlich hinsichtlich innigster Durchmengung die willkommenste Unterstützung gewähren; doch ist es unrichtig und zeugt von Sachunkenntniss, Alles von der Maschine erwarten und auf sie allein sich verlassen zu wollen. Die Verwendung einer Maschine setzt stets eine intelligente Einsicht voraus und ohne solche kann sie zu den unglücklichsten Resultaten führen.

Man darf nicht vergessen, dass jegliche Bearbeitungsmaschine nur unter bestimmten Bedingungen und Voraussetzungen ihren Zweck erfüllt; sind diese aber richtig erfasst, so wird sie Ausserordentliches und mit grösster Sicherheit bei gleichbleibendem Material leisten.

Das Schlämmen. — Hierhin gehört das wenigstens theils mit Maschinen betriebene Schlämmen, das, wenn auch ein umständliches und von verschiedenen Bedingungen abhängiges, so doch das rationellste, erfolgreichste und nicht sehr theure Verfahren ist [1], um fremde Beimengungen von verschiedenem specifischen Gewicht und von verschiedenem Volumen wie Struktur aus einem Thone abzusondern.

Durch keine Einrichtung ist der bezeichnete Zweck vollständiger zu erreichen. Ein weiterer Zweck, der in der Regel mit der Schlämmung verbunden wird, doch davon zu trennen, ist das auf diesem Wege beabsichtigte Homogenisiren des Thones oder verschiedener mit einander. Ein solches Ziel ist aber nur ein partielles und kein bedingungsloses. Alle feinsten und eigentlichen Thontheilchen lassen sich durch Schlämmen zusammenführen und ist daraus eine gleichförmige, zarteste Masse zu gewinnen. Der Vorgang dabei ist aber grade das Gegentheil des Homogenisirens, gegenüber dem innigsten Durchmischen der Theile mit dem Ganzen, findet vielmehr ein Separiren statt, an Stelle des Durcheinander tritt ein Auseinander. Daher kommt es denn auch, dass es Fälle giebt wo natürliche feinsandige Thone, die im rohen Zustande bereits homogen erscheinen, eben durch das Schlämmen unhomogener werden, indem sich dadurch Thon und Sand entweder lagen- oder schichtweise absondern und so eine deutlich verschiedenartige Masse erhalten wird [2], welche nicht oder nur mit der äussersten Mühe wieder in den früheren homogenen Zustand zurückzubringen ist.

Das Wesen des Schlämmens besteht in der Isolirung des Gleichartigen nach dessen hydraulischem Werthe und ist so nicht eine Masse, sondern sind gruppenweise verschiedene Massen von der

[1]) Türrschmiedt bezeichnet für Ziegeleien das Schlämmen als eine Fundamentaloperation. Notizbl. V, S. 255.

[2]) Notizbl. XII, S. 67.

unter sich gleichförmigsten Art zu erlangen. Für den weiteren Begriff der Homogenität, des gleichmässigen Vertheiltseins verschiedener Gemengtheile in einer Masse bewirkt das Schlämmen gerade das Umgekehrte und darf man diese Anforderung nicht zugleich stellen wollen. Ja selbst wenn man sich durch das Zusammenschlämmen aller feinsten Thontheilchen [1]), was möglicher Weise aus den allerverschiedenartigsten Thonmaterialien geschehen kann, zu einer Masse den homogensten Thonschlamm zu verschaffen sucht, so kann daraus doch noch selbst ein recht unhomogenes Fabrikat erhalten werden.

Bei ungleichmässigem Trocknen kann z. B. ein so gewonnener Thonschlamm [2]) oben knochentrocken, in der Mitte wassersteif und unten noch weich sein. Wird nun eine solche so sehr verschieden trockne Masse blind durcheinander geworfen, ohne zweckdienliche Behandlung, namentlich vorheriges Pulverisiren aller erhärteten Theile, so ist daraus nichts weniger als ein homogenes Produkt zu erzielen. [3])

Beim Schlämmen ist daher nicht bloss der Zweck jedes Mal genau in's Auge zu fassen, sondern selbst bei dem erreichten Zweck ist stetig darauf zu achten, dass er nicht durch nachfolgende unrichtige Behandlung verloren gehe. Dazu kommt, dass die zu schlämmenden Thone ja sehr verschieden sind und je nach ihrer Beschaffenheit andere, modificirte Einrichtungen verlangen, weshalb auch von einer Universalschlämmmaschine nicht die Rede sein kann.

Das Schlämmen ist stets das Resultat zweier Operationen, nämlich des Aufweichens und des Dekantirens oder Abfliessenlassens.

Der Thon wird aufgeweicht, zerrissen, mit Wasser vollständig zertheilt, gemischt und aufgerührt und die Thonmilch abgelassen.

Der Erfolg des separirenden und homogenisirenden Schlämmens hängt mit Ausnahme mancher direct geeigneter Thone, wie der magern, der Kaoline u. s. w. wesentlich mit von dessen Vorbereitung ab. Ausgewitterter Thon wäscht sich so schneller auf, als roher.

---

[1]) Seger, die Korngrössen bei sogen. sehr feinen Thonen, die eine natürliche Schlämmung erfahren haben, gegenüber der künstlichen vergleichend, fand, dass in vielen Fällen das künstliche Schlämmen weit hinter dem natürlichen zurückbleibt. Notizbl. X, S. 125.

[2]) Türrschmiedt, Notizbl. V, S. 393.

[3]) Rühne beschreibt in der Töpfer-Zeitung 1875, Nr. 24, andeutungsweise einen von ihm construirten Schlammtrockenapparat, welcher den beim Schlämmen eines Thones gewonnenen so mehrfach ungleichartigen Schlamm mit Hülfe von Wärme ohne erhebliche Kosten und unter Ersparung des Thonschneideverfahrens in eine homogene streich- und drehrechte Masse nach Belieben zu verwandeln vermöge.

(Ich folge hier Kerl's Thonwaarenindustrie, S. 96 ff., indem ich hie und da einiges Neuere ergänzend beifüge.)

Wie weit man das Schlämmen ausdehnt, muss sich immer nach der Beschaffenheit der zu schlämmenden Masse wie den Anforderuugen, die an das zu erzielende Produkt zu stellen sind, richten. In den Fällen, wo es sich um die Abscheidung gröberer mechanischer Beimengungen, wie z. B. von Steinen oder sehr grobem Sande, handelt, ist ein einmaliges Anrühren mit Wasser genügend; in dem nicht zu consistenten Schlamme setzen sich diese Bestandtheile augenblicklich zu Boden und können durch einfaches Abgiessen getrennt werden. Anders ist es bei der Darstellung feinerer Massen. Man hat dabei manchmal mehrere Schlämmungen vorzunehmen und den Schamm mit mehr Wasser zu verdünnen. In dem ersten Gefäss setzen sich dann die gröbsten Stoffe ab, im zweiten und dritten sammelt sich feinerer Sand etc., im letzten lagert sich der Thon ab, der dann allerdings einen hohen Grad der Reinheit erlangt. Sehr gut und leicht ausführbar ist die Abscheidung des Sandes, wenigstens des gröberen Theiles desselben, wenn man den Schlamm durch eine lange hin- und herlaufende Rinne mit möglichst wenig Gefälle leitet. Bei der langsamen Bewegung der Flüssigkeit finden die gröberen, schwereren Theile Zeit, sich gleich Anfangs am oberen Ende der Rinne abzulagern; in dem Maasse, wie dann die Flüssigkeit vorwärts fliesst, setzt sich auch der grösste Theil des feinen Sandes ab.

Zur Erkennung der erforderlichen Feinheit des geschlämmten Pulvers, z. B. behufs der Porzellanbereitung, vergleicht man dasselbe in der Weise mit Staubmustern, dass man z. B. 250 Gramm geschlämmte Substanz in 500 Gramm Wasser in einem graduirten Cylinder von 800 Gramm Capacität zertheilt und die Zeit notirt, welche das Pulver zum Absetzen bis auf eine gewisse Höhe gebraucht. Ein Pulver derselben Substanz und von der nämlichen Feinheit wird sich dann in derselben Zeit bis zu derselben Höhe absetzen.

Das Material zum Schlämmen wird vortheilhafter zuvor eingesumpft, als direct aus den Halden in die Schlämmbassins gebracht. Um das leichtere Aufschlämmen zu erreichen, rührt man die zu schlämmenden Substanzen zuerst mit wenig Wasser gleichmässig an. Hierzu sind namentlich beim Thon verschiedene Vorsichtsmassregeln erforderlich, weil sonst leicht ein Theil desselben in dicken Klumpen zusammengeballt bleibt, die sich nicht im Wasser vertheilen. Das Wasser muss die ganze Masse gleichmässig durchdringen. Dieses geschieht am vollkommensten, wenn der Thon

ganz trocken, aber nicht in der Vollkommenheit, wenn er mit Wasser nicht durchweicht ist.

Beim Schlämmen bedarf es der Schlämmvorrichtungen zum Aufrühren des Thons und zur Aufnahme der gröbsten Unreinigkeiten, Siebe (gewöhnliche oder Cylindersiebe) und Schlammbüdden oder Schlammbassins (Schlämmgruben) zur Aufnahme des Schlammes. Letztere müssen so eingerichtet sein, dass der Thon das überflüssige Wasser entlassen kann. Künstliche Vorrichtungen zum Trocknen desselben (Canalfeuerung, Pressen) sind meist zu kostspielig und kommen deshalb bei Ziegelthon seltener als bei edleren Thonen, nachdem deren Schlamm mit den feinen Zusätzen vermischt, vor, wie später weiter ausgeführt werden soll.

a) Schlämmapparate. Je nach der Grösse der Fabriken, nach den zu Gebote stehenden Wassermengen, nach der Beschaffenheit des Thons etc. kommen hauptsächlich nachstehende Constructionen vor:

α) Schlämmapparate mit Handbetrieb. Dieselben kommen für kleinere Werke zum Schlämmen von Sand und anderen nicht plastischen Stoffen in einfachster Form in Gestalt von Fässern zur Anwendung, in denen Arbeiter den Thon mit hölzernen Spateln aufrühren, welche zur Ersparung von Kraftaufwand wohl an ledernen Riemen oder einer eisernen Kette so an der Decke des Arbeitsraumes aufgehängt sind, dass sie eben den Boden der Fässer berühren.

Auch verwendet man aus Dielen dicht zusammengefügte, etwa 3,14 bis 3,77 M. lange, 1,88 bis 2,51 M. breite und etwa 47 Cm. tiefe Rührkästen mit einer Ausflussöffnung in etwa 16 Cm. Höhe über dem Boden. Der mit Wasser reichlich übergossene Thon wird mit eisernen oder hölzernen Harken (an einem schrägen Stiel befestigten Prismen mit Löchern in der langen Seite) gleichmässig durchgeméngt, dann einige Zeit ruhen gelassen und die von groben Theilen befreite Trübe nach Aufziehen einer Schütze durch die Ausflussöffnung in ein Sieb über dem Schlammbehälter abgelassen, dann das Schlämmen mit einer neuen Quantität Thon begonnen, bis das Schlammbassin ganz gefüllt ist. Hat sich der Thon darin abgesetzt, so öffnet man in verschiedenen Höhen über einander angebrachte Zapflöcher und lässt das klare Wasser ablaufen.

Um die Arbeit bei umfangreicherem Betriebe ununterbrochen fortführen zu können, verbindet man mit einem Rührkasten mehrere Schlämmgruben wohl in der Weise, dass man eine davor und je zwei auf jede Seite so legt, dass sie nur zur Hälfte in der Erde sich befinden und in dem daraus hervorragenden Theil Zapflöcher

enthalten. Bei 1,58 bis 1,97 Quadratm. Grundfläche, 1,57 M. Höhe, also 73,1 bis 94,4 Cubikm. Inhalt einer jeden sind sie seitlich aus dicken Holzdielen und am Boden aus flachgelegten Backsteinen hergestellt. Die Dielen sind in Falze von Eckpfosten eingesetzt und alle Fugen mit Thon gut verschmiert. Vor dem Rührkasten liegt auf dem einen Schlämmkasten ein Gerinne, welches mit seitlichen Ansätzen auch über die beiden Schlämmkästen auf beiden Seiten des Rührkastens ragt. In der Rinne sind entsprechende mit Schiebern zu schliessende Oeffnungen, durch deren richtige Stellung man die Trübe beliebig in jeden Kasten laufen lassen kann. Während sich der Thon in dem einen Kasten setzt, wird ein anderer vollgeschlämmt. Man rührt wohl gleich, wenn dieses erforderlich ist, den nöthigen Versatzsand mit Harken in den Schlamm ein, nachdem das überstehende klare Wasser abgelassen, und tritt denselben wenn er nach einigem Waschen die zum Formen nöthige Consistenz gewonnen hat, noch einmal durch.

Zur Zubereitung von Ziegelthon hat es sich zweckmässig erwiesen, den ausgewinterten Thon durch ein Drahtgitter in einen Sumpf zu schaffen, von den rückständigen Steinen die thonigen Bestandtheile abzuschlämmen und mit der erfolgenden Trübe den gesiebten Thon einzusumpfen.

Zum Schlämmen des Kaolinthons[1]) für die Porzellanbereitung bedient man sich meist in drei Reihen terrassenförmig über einander gestellter Bottiche mit Zapflöchern, die oberste Reihe kleiner als die beiden anderen. Auch wird der Kaolinthon nicht unzweckmässig gewalzt, in einer theilweise im Wasser liegenden Siebtrommel aufgerührt, durch ein System von hin- und hergehenden Canälen fliessen gelassen und die Trübe dann in Absatzfässer geleitet (Berliner Porzellanfabrik).

β) Hydraulische Schlämmvorrichtungen. Bei denselben wird das Schlämmen fast ausschliesslich durch fliessendes Wasser herbeigeführt. Da ein hinreichendes Wassergefälle vorhanden sein muss, so ist diese Schlämmmethode an bestimmte Localitäten geknüpft.

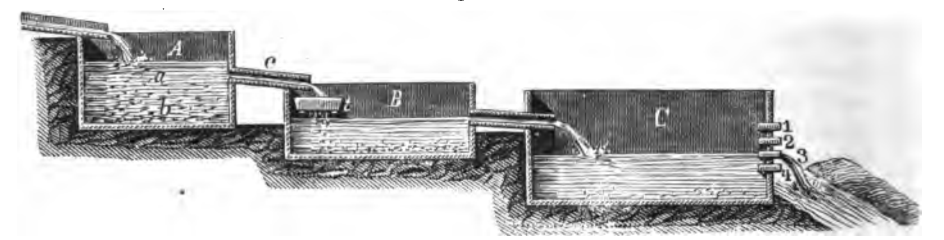
Zu St. Yrieix wird auf kaolinisches Gestein in dem grossen Reservoir A (Fig. 15) ein starker Wasserstrom geleitet, welcher die feinen Thontheile a mit feinem Sand durch die Rinne c und das Sieb t nach B überführt, während die groben Theile b in A zu Boden gehen. Feiner Sand und Glimmer lagern sich am Boden von B ab und der reine Thonschlamm fliesst nach C über. Nach-

---

[1]) Schlämmvorrichtung zu Waldenburg in Dingler's Journ. 154, 176; Taf. 3, Fig. 7.

dem sich hier der Thon abgesetzt hat, zapft man das klare Wasser der Reihe nach durch die Oeffnungen 1 bis 4 ab.

Fig. 15.



Berühmt sind die Chinathonwerke (*China-clay works*) in der Carclazegrube, 1 Stunde von St. Austel in Cornwall. In dem wahrhaft grossartigen Tagebau der Carclazegrube von nahe 45,7 M. Tiefe und an 1/2 Stunde im Umfang auf der Höhe eines Gebirgsrückens wird verwitterter, Kaolinthon enthaltender Granit von einer grossen Anzahl bis 15 Cm. mächtiger, Quarz, Schörl und Zinnstein enthaltender, saiger fallender Adern durchzogen. Von mehreren Seiten leitet man in schnellem Strom Wasser an den Seiten des Bruches herab, welches den losgehauenen Granit zunächst in die Tiefe führt und die zinnsteinhaltigen Partien rein wäscht, welche dann meist im Bruche selbst durch von Wasserrädern getriebene Pochstempel zerkleinert und auf Maschinen (Schlämmgräben und Frames) noch weiter verwaschen werden. Die thonhaltige milchigte Trübe fliesst durch einen Stollen nach dem Bergabhang und zwar zunächst zur Absetzung grober Theile von Glimmer, Quarz etc. in lange horizontale, hin- und hergehende Gräben, dann endlich durch eine Anzahl terrassenförmig unter einander liegender Bassins von 30 Cm. Tiefe, in welchem sich der Thon aus dem Wasser absetzt. Hat sich ein Bassin damit angefüllt, so stellt man den Zufluss der Trübe ab, lässt den Thon, wobei das Wasser in die Erde zieht, bis zu einem gewissen Grade austrocknen und sticht ihn in dicke Ziegel, welche erst an der Luft, dann in oblongen Schachtöfen, auf deren Sohle drei Flammenzüge hingeführt sind, getrocknet werden. Der ganz weisse Thon geht unter dem Namen Chinathon von dem nahe dabei gelegenen Orte Charlestown in den Handel und wird hauptsächlich in den Thonwaarenfabriken von Staffordshire, sowie als weisses Farbematerial bei der Papierfabrikation [1]) (auch unter dem Namen Bleicherde, Benzin, Kaolin) verbraucht, bei welcher letzteren derselbe zuweilen durch Annaline,

[1]) Wagner's Jahresber. 5, 539; 7, 608.

höchst feingemahlenen, todtgebrannten Gyps, ersetzt und davon in der Weisse übertroffen wird.

γ) Schlämmmaschinen[1]). Für grösseren Bedarf wendet man sie in Gestalt stehender oder liegender cylindrischer Behälter an, in welchen der Thon, meist Ziegelthon, durch Rührwerke mit Wasser bearbeitet wird. Zeigt die Thonmilch das verlangte specifische Gewicht, so zapft man sie ab, beschickt von Neuem und nimmt von Zeit zu Zeit die abgesetzten groben Theile aus der Maschine. Man stellt die Behälter möglichst hoch auf, so dass die Trübe aus denselben von selbst in die Siebe[2]) und Schlammsümpfe abfliessen kann, was sich bei horizontalen Apparaten leichter erlangen lässt, als bei vertikalen. Letztere sind indess die häufiger angewendeten und erfordern weniger Wasser. Als Motoren dienen entweder Thiere (Pferde und Ochsen) oder Wasserdampf. Rührwerke mit Dampfbetrieb wirken viel kräftiger (gehen 4 Mal schneller) als solche mit Rossbetrieb und die Pferde ziehen sich an der oft schwergehenden Schlämmmaschine beim Rundgange leicht durch.

Den Thonschneidern ähnliche Schlämmvorrichtungen fand man früher in Sèvres und noch jetzt in den Poteriedistricten Englands.

Man theilt die Schlämmmaschinen in rotirende und schaukelnde, erstere wieder in vertikale oder stehende (Rührwerke) und in horizontale (Schlagwerke). Die Rührwerke eignen sich mehr für mageren, mehr weichen, lockern Thon. Man bedient sich dabei eines Rührapparates in Gestalt eines Waschtroges, in welchem unter starkem Wasserzufluss eine mit Daumen oder Messern versehene Welle pro Minute 15—20 Umdrehungen macht; Schlagwerke eignen sich mehr für fetten Thon, welcher nicht viel Sand, noch weniger viel Schluff enthalten darf, weil sich letztere Stoffe so dicht lagern, dass die Schlagarme, wenn die Maschine zur Mittagszeit oder über Nacht zur Ruhe kommt, in der Masse so fest haften, dass beim Wiederanlassen Gefahr für das Zerbrechen der Dampf- oder Schlämmmaschine vorhanden ist. Das Rührwerk gewährt dem Schlämmabfall Raum, sich im Schlämmbassin abzusetzen, das Schlagwerk nicht, daher die Verarbeitung eines fetteren reineren Thones mit letzterem. Nach Gentele[3]) haben die Schlagwerke eine grössere Leistung als Rührwerke, indem sich in letzteren der Thon rasch zu Boden setzt und der Rechen beständig Thon vor sich hertreibt,

---

[1]) Schlämmmaschine für die Ziegelei von Oppenheim in Rüdersdorf bei Berlin, in Wiebe's Skizzenbuch 1869, Heft 1; Notizbl. 5, 79; T. Z. 1870, Nr. 6 (Beilage). Neuerdings findet sich eine solche von Schmelzer beschrieben Töpfer-Ztg. 1876. 14.

[2]) Dingler's Journ. 178, 227.

[3]) Dingler's Journ. 178, 225.

was viel Kraft erfordert und zu einer raschen Abnutzung des Bodens führt. Es ist indess schwer zu entscheiden, welche Einrichtung die leistungsfähigere ist, weil es dabei, wie bemerkt, auf den zu schlämmenden Thon ankommt. Das Schlagwerk steht in dem Rufe der grösseren Leistungsfähigkeit, weil es nur für reinen fetten Thon aus oben angeführten Gründen angewendet wird, während Rührwerke, die sich auch für fette Thone eignen, meist zum Abschlämmen magerer, schluff- und steinereicher benutzt werden, wo dann das öfters erforderliche Herausnehmen des Schlämmabfalls viel Zeit in Anspruch nimmt. Die schaukelnden Schlämmmaschinen sind besonders für eine sehr schluffreiche Erde mit einem Zusatz von fettem Thon geeignet, aber auch nach ihrem Erfinder einer universellen Anwendung fähig.

Die beim Schlämmen erforderlichen Resultate variiren sehr nach der Beschaffenheit der Erde. Wie oben gesagt: wird dieselbe ganz trocken zur Schlämmung gegeben, so löst sie sich viel leichter auf, als wenn sie mit Erdfeuchtigkeit behaftet ist. Gesumpfte Erde, welche schon mehr Wasser angesogen hat, als sie im natürlichen Zustande besass, löst sich ebenfalls viel leichter auf, als solche mit noch vorhandener Grubenfeuchtigkeit.

a) Rotirende Maschinen, und zwar 1) Stehende Schlämmmaschinen (Rührwerke). Dieselben bestehen aus einem etwa 1,26 M. erhöht stehenden gemauerten Bassin von 5 bis 6,3 M. Durchmesser und 60 bis 63 Cm. Höhe mit einer Spindel in der Mitte, an welcher sich Querarme mit Rechen befinden. Die Spindel wird mittelst eines Zugbaumes durch Pferde- oder Dampfkraft in Umtrieb versetzt. Nach gehörigem Aufrühren des Schlammes lässt man das Gröbste sich etwa 1 Minute lang absetzen und leitet dann die Trübe durch Brettrinnen in einen Schlammfang aus Holz mit Keilverschluss zum Zurückhalten des groben Sandes, von wo sie dann am andern Ende durch breite Rinnen von 16 Cm. Höhe und 32 Cm. Weite in grosse Sammelbassins läuft. Damit sich noch in den Rinnen gröberer Sand absetzen kann, haben dieselben wenig Neigung, sind breit und enthalten in Zwischenräumen Reisigbündel oder ein Sieb am vorderen Ende. Nach Anfüllung des Schlämmbassins lässt man dieselben etwa 24 Stunden ruhig stehen, zapft das geklärte Wasser vom Thonschlamm durch Oeffnung einer Schütze ab, indessen das darin zurückbleibende während etwa 8 Tagen theils verdunstet, theils sich in den Boden saugt, welcher deshalb zweckmässig aus Sand besteht und selbst künstlich mit Drainage hergestellt wird. Der Thon pflegt gut zu sein, um zur Vermengung mit Sand in den Thonsumpf und von da in den Thonschneider transportirt zu werden, wenn er lange

Risse zeigt. Kurze Risse deuten noch auf zu grossen **Feuchtigkeitsgehalt** in den unteren Partien.

Im Nachstehenden sollen einige Constructionen von **Schlämmmaschinen** beschrieben werden. Eine solche für **Rossbetrieb** hat folgende Einrichtung[1]. (Fig. 16 und 17) A **Gerüst** mit ins Kreuz gelegten Balken B, durch 4 Hängebalken C

Fig. 16.

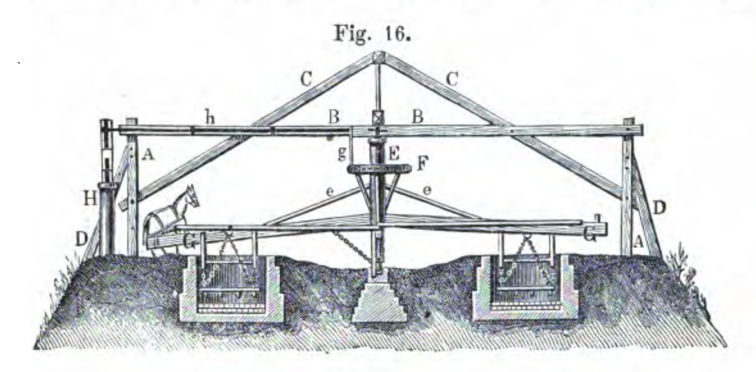
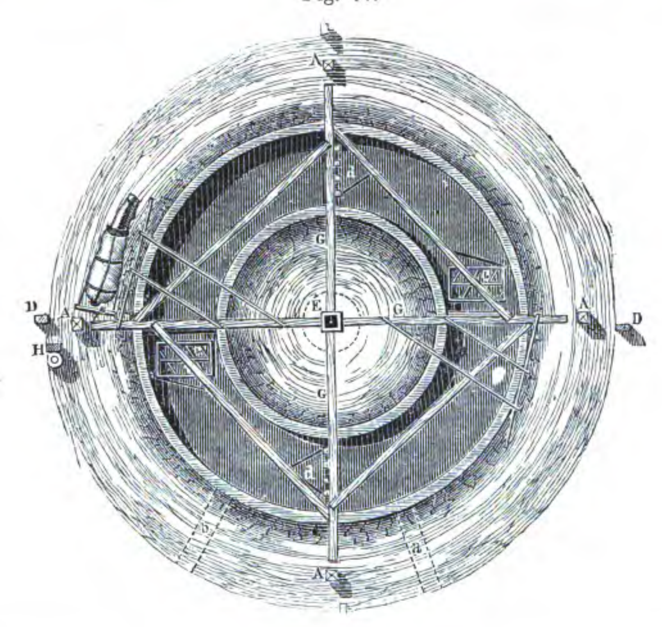


Fig. 17.



[1]) Heusinger v. Waldegg's Ziegel- und Röhrenfabrikation 1867, S. 77; daselbst S. 80 auch Preise der Schlickeysen'schen Maschinenfabrik von Schlämmmaschinen.

verspannt und durch die Streben D gestützt, zur Stützung des Wellbaumes E in der Mitte eines gemauerten ringförmigen 1,57 M. tiefen und 1,88 M. weiten Canals. Von den durch Bänder e gehaltenen 4 Armen G hängen Messer an 2 Armen in Ketten mit 2 Reihen von je 4 eisernen Zinken; an den beiden anderen Armen sind stehende Messer d befestigt, und zwar 4 in jeder Reihe. Das Rad F treibt mittelst des Hebels g und des Spindelbaumes h die Pumpe H. Man bringt mittelst Schiebkarren Thon in den Canal, lässt durch a Wasser und durch den mit Gatter und Schütz versehenen Canal b den geschlämmten Thon abfliessen. Eine solche Maschine liefert mit 1 Ochsen- oder Pferdegespann in 1/2 Tagschicht 14 Cubikm. geschlämmten Thon, welchen man in gemauerten Bassins von 5,64 bis 6,27 M. Durchmesser und 0,78 M. Höhe schlämmt. Behufs des Schlämmens bringt man 131 bis 209 Mm. hoch Thon in die Grube, giesst 2 Mal so hoch Wasser auf, lässt die Masse gehörig aufrühren und dann den Rechen etwa 1 Minute still stehen, worauf die Trübe langsam in ein ausgemauertes Loch von etwa 1,26 bis 1,57 M. im Querschnitt und 0,31 bis 0,47 M. Tiefe abgelassen wird. Hierin kann sich noch Gröbe absetzen und das Ueberfliessende wird in Rinnen den Schlämmgruben zugeführt.

Derartige Vorrichtungen wendet man vielfach in England, namentlich in der Umgebung von London an. Man wäscht den Thon zunächst mit Wasser durch einen mit Roststäben versehenen Kasten, um dickere Steine zurückzuhalten; das Durchgehende gelangt in den gemauerten ringförmigen Graben von 7 bis 8 M. äusserem Durchmesser, 1,50 M. Breite und 1 M. Höhe. Man verrichtet das Schlämmen gewöhnlich im Herbst, bedeckt den Thon, wenn er die passende Steifigkeit erlangt hat, mit den Magerungsmitteln (Steinkohlenasche, Sand) und lässt ihn faulen, wo man dann ausgezeichnete Produkte erhält.

Im Nassauischen sind gemauerte Bassins von etwa 3,77 M. Durchmesser und 0,78 M. Höhe üblich, welche auf dem Boden vom Mittelpunkt ab nach dem Rande 3 Reihen vertikal stehender eiserner Stacheln haben, zwischen denen sich kammartig die Stacheln eines an einer vertikalen Achse rotirenden Rechens hindurch bewegen. Der Thon wird vorher in besonderen Bassins mit Wasser stark durchgefeuchtet, was seine Zerkleinerung sehr erleichtert, dann ins Bassin geschöpft. Während auf der einen Seite continuirlich Wasser zufliesst, tritt an der anderen die Trübe durch einen 78 bis 105 Mm. breiten Canal, in welchem ein Rost mit 4,4 Mm. Spalten, auf ein horizontales feines Drahtsieb von 0,15 bis 0,20 Quadratm. Oberfläche in einen Trog und von da in 12 Pfannen, worin das Austrocknen erfolgt. Dieses wird nöthigenfalls

künstlich dadurch beschleunigt, dass man den Thon in einer etwa 6,28 M. langen und 1,57 bis 1,88 M. breiten, theils mit Backsteinen, theils mit Gusseisenplatten versehenen Pfanne öfters umschaufelt, während unter derselben die Gase einer kleinen Steinkohlenfeuerung hinziehen. Bei geringem Aufwand an Brennmaterial erreicht man ohne grossen Aufwand an Mühe und Arbeit, welche sonst das Durcharbeiten und Vermengen mittelst Schrotens erfordert, eine rasche Vorbereitung des Thones.

Eine sehr zweckmässig eingerichtete Dampfschlämmmaschine von Sachsenberg in Rosslau befindet sich in der Ziegelei von Birner in Luckenwalde bei Berlin[1]). Der aus einer Tiefe von 12,55 bis 15,69 M. ebenfalls mit der Dampfmaschine geförderte Thon ist durch einen groben kalkhaltigen Sand und grössere und kleinere Kalknieren derartig verunreinigt, dass sämmtliches Material geschlämmt werden muss und dann etwa 50 Proc. reine Thonmasse giebt. Die Bassins der beiden Schlämmmaschinen haben je 4,71 M. Durchmesser. Die stehende gusseiserne Welle ist mittelst einer starken Muffe mit 4 Armen versehen, welche in gewöhnlicher Weise Rechenzähne aufnehmen. Die Thontrübe fliesst durch Siebe und Holzrinnen den Schlämmsümpfen zu und die Schlämmmaschinen müssen täglich 2 Mal ausgeräumt werden. Ausserdem werden von der Dampfmaschine noch ein Thonschneider zum Kneten des Thones mit Sand oder Kohle und 2 Wasserpumpen getrieben. Die gesammte Anlage hat 7500 Mark gekostet. Während beim früheren Betrieb mittelst Menschen und Pferden das Material zu 1000 Steinen zu fördern, zu schlämmen und im Thonschneider zu verarbeiten 3 Mark kostete, so betragen die Kosten jetzt bei Anwendung der Dampfmaschine nur 1 Mark 77 Pf.[2])

Eine sehr wirksame Dampfschlämmmaschine[3]) befindet sich auf der Ziegelei des Herrn Bethmann-Hollweg zu Niederfinow bei Berlin. An den 6 horizontalen Armen sind in gewissen Entfernungen von einander statt gerader vertikaler Messer gebogene V ähnliche Rührer angebracht. Zweckmässig stellt man letztere an den einzelnen Armen so, dass sie sich beim Umdrehen dieser in verschiedenen Kreisen bewegen, wobei der Thon am vollständigsten durchgerührt wird. Bei der Dampfschlämmvorrichtung zum Alaunwerk bei Freienwalde bilden die Arme einen Quadranten und die Enden derselben ruhen auf Rädern, welche an der Peripherie des Schlämmbassins herumlaufen. Auch zu Birkenwerder be-

---

[1]) Notizbl. 3, 211; 4, 315.

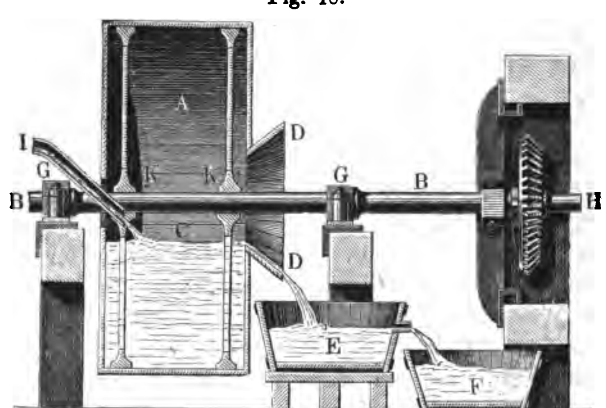
[2]) Notizbl. 3, 211, mit Zeichnung; 4, 315, Betriebskostenrechnung.

[3]) Loeff, Anleit. z. Kalk-, Ziegelbrennen etc. 1870, S. 116, Taf. 24.

steht der Rechen aus 3 so dicht neben einander befindlichen, durch Querriegel verbundenen Armen, dass der erste vom dritten an der Peripherie nur 2,51 M. absteht. Gerade eiserne Zinken an denselben rühren den Thon auf.

2) Horizontale Schlämmmaschinen (Schlagwerke). Ein solches in einfachster Einrichtung mit beweglicher Trommel stellt Fig. 18 dar. A ein starker hölzerner Cylinder, auf der Welle

Fig. 18.



B mittelst eiserner Schienen K beweglich. Die in Lagern G ruhende Welle erhält ihre Bewegung durch das Stirnrad H. D Rumpf zur Aufnahme des Thones. I Röhre zum Wasserzufluss. Beim Umdrehen der Trommel reiben sich die Thonstücke gegenseitig auf, der Schlamm vertheilt sich im Wasser und dieses fliesst, wenn es das Niveau C erreicht hat, durch den Rumpf D in den Behälter E ab, worin sich noch Sand absetzt, und klärt sich dann im Reservoir F. Die Reservoire E und F sind hier verhältnissmässig zu klein gezeichnet.

Wirksamer sind Maschinen mit festliegendem eisernen Cylinder oder Halbcylinder mit einem Holzdach [1]), in welchem sich eine horizontale Flügelwelle dreht (Feilner's Thonwaarenfabrik in Berlin, Steingutfabriken). Der Halbcylinder ist etwa 2,3 M. lang, 1,1 M. weit und 0,55 M. hoch, in welcher Höhe auch die Achse der Welle mit 14 dreizinkigen Armen liegt. Der Thon wird durch eine Klappe in dem Dache eingeworfen und das Wasser fliesst durch eine vor dem einen Ende des Cylinders angebrachte, durchlöcherte Scheidewand ein, während die Trübe durch 2 Zapflöcher abgelassen werden kann.

---

[1]) Zeichnung in Heusinger v. Waldegg's Ziegel- und Röhrenfabrikation S. 79.

Gentele's Schlämmvorrichtung[1]), eine horizontal liegende Welle mit Schlagarmen, übergiebt den präparirten Schlamm einem rotirenden in schiefer Richtung aufgestellten Cylindersiebe, dem noch eine Schüttelbewegung ertheilt werden kann.

Zu Hermsdorf bei Berlin befindet sich eine mit Dampf betriebene Maschine, an deren starker horizontaler Holzwelle starke hölzerne Arme und Schaufeln befestigt sind, von rechtwinkliger Form, 6,28 M. lang, 3,14 M. breit und 1,26 M. tief. Es wird fortwährend Thon eingekarrt und der dünnflüssige Brei fliesst continuirlich durch eine oberhalb angebrachte Oeffnung ab.

a) Schaukelnde Maschinen. Dieselben, von Matern[2]) als die Zukunftsschlämmmaschine bezeichnet, beruhen auf dem Princip der Messerwelle, sind aber einfacher in der Construction, von allen Seiten zugänglich und die Uebertragung der Kraft ist eine unmittelbare, somit der Nutzeffect gross. In einem Kanal von 4,71 M. Länge, 1,26 M. Breite und 0,63 M. Tiefe ist eine Art Egge von 4,08 M. Länge an einem Bocke mittelst Ketten aufgehängt, welche mit Zinken von der Form einer Mörtelkratze versehen ist und vermittelst einer Kurbel- und Bläuelstange unmittelbar von dem Ende der Haupttransmissionswelle aus in eine pendelartige Bewegung versetzt wird. Die Egge hängt am unteren Ende niedriger als am oberen. Die Zinken sind unterhalb der Eggenbalken 0,31 bis 0,39 M. lang und ihr horizontaler schneidenartiger Theil ist so lang zu nehmen, dass die nebeneinander stehenden sich berühren. Vor dem Schlämmkanal sind 2 Siebe von 1,88 M. Länge und 0,63 M. Breite angebracht, deren jedes mit einem besonderen Vorschlämmbassin in Verbindung steht, in welchem sich aller gröberer Sand absetzt. Sobald ein Bassin gefüllt ist, ist das andere inzwischen geleert und der Abfluss geht durchs andere Sieb. Statt des ersten Siebes wird dann ein dichter Bretterboden eingelegt.

b) Siebe[3]). Man hat entweder plane festliegende oder stossweise bewegte Siebe oder geneigte rotirende Cylindersiebe, welche den groben Rückstand rascher entlassen als erstere und deshalb nicht so stark abgenutzt werden. Dem rotirenden Siebe kann noch eine Schüttelbewegung ertheilt werden. Die Siebe sollen in der Thonmilch noch enthaltene Unreinigkeiten, Stroh, Körner, Schwefelkies etc. zurückhalten. Windhausen[4]) empfiehlt hydraulische Setzsiebe zum Schlämmen der Thone, welche Thon und

---

[1]) Dingler's Journ. 178, 255.
[2]) Notizbl. 5, 301.
[3]) Gentele in Dingler's Journ. 178, 225.
[4]) Notizbl. 5, 81.

Sand durchs Sieb lassen, während die Steine auf demselben zurückbleiben. Die Wirkung ist zweifelhaft.

c) Schlämmgruben, Schlämmkästen, Schlämmbassins[1]). In denselben soll sich die abgeschlämmte Thontrübe klären. Dieselben werden entweder aus Holz oder Mauerwerk hergestellt, wo dann das Wasser nach dem Klären durch Zapflöcher abgelassen werden muss, oder bestehen aus in die Erde eingegrabenen Bassins ohne jegliche Umkleidung, damit das überschüssige Wasser in die Erde einziehen kann. Befinden sich Gruben der letzteren Art auf einem Thonlager, so zieht das Wasser zu langsam ab. In solchem Falle bringt man nach Delbrück am zweckmässigsten 156 bis 235 Millim. hoch scharfen Sand auf die Sohle des Bassins und legt auf den Boden des Sandes Stränge von Drainröhren oder hohle Mauersteine in der Weite von 1,88 M. Der eine oder andere Strang mündet in einen Kanal, welcher Abfluss hat. Auf diesen kommt gleichfalls die Sandschicht und dann über den Sand Mauerwerk, welches in Sand gelegt wird.

Zum continuirlichen Ablassen des Wassers aus Schlämmgruben wendet F. Hoffmann eine Vorrichtung an, bei welcher man das sich klärende Wasser möglichst schnell und auch möglichst ruhig ablassen kann, wodurch das Absetzen des Thones befördert und das Abfliessen von trübem, thonhaltigem Wasser vermieden wird. An der betreffenden Stelle des Wehres ersetzt man die sonst übliche aus losen Brettchen bestehende Thür durch ein fest aus Brettern zusammengefügtes Wehr, welches regelmässig in schrägen Reihen oder im Zickzack durchbohrt ist. Die mit Stöpseln versehenen Löcher öffnet man allmälig der Reihe nach von unten nach oben. Um Thonverlust zu vermeiden, kann man irgend eine Siebvorrichtung (Sandsack, Leinwand, ein Stück Gespinnst von Porzellanpresssäcken etc.) vor das Wehr legen und dann die Stöpsel weglassen. Beimengungen unter der Grösse eines Streusandkorns lassen sich um so schwieriger auswaschen, je feiner sie sind, desgleichen nicht die den Thon färbenden organischen Stoffe.

In der Porzellanfabrik zu Moabit bei Berlin ist nach Strele für den Halle'schen Kaolin eine der vollkommensten Einrichtungen im Gebrauche, um die Trennung des feinsten Sandes von der Erde zu bewerkstelligen. Fig. 24a und 24b, Taf. II.

A ist das Aufweich- und Zertheilungsgefäss. Es besteht aus einem länglichen viereckigen oder halbtonnenförmigen hölzernen Gefäss mit einer horizontalen hölzernen Welle, an der sich senkrecht auf derselben die Speichen a befinden, von denen je zwei

---

[1]) Notizbl. 4, 67. 136; Michaëlis, Hydraulische Mörtel, 1869, S. 107.

neben einander stehende einen Winkel von 45° bilden. Zur Bewegung der Welle geht durch dieselbe eine eiserne Achse, an deren einem Ende, ausserhalb des Troges, eine Riemenscheibe b aufgesteckt ist. An der andern schmalen Wand des Troges befindet sich im Boden eine durch einen Schieber verschliessbare Oeffnung c mit einem Riemenansatz d. Der Trog ist mit einem Deckel bedeckt, in dem sich gegen die Riemenscheibe zu eine Oeffnung mit einem hölzernen Trichter e für die Zubringung roher Erde befindet. Vor demselben ist ein Zuflussrohr für das Wasser, welches durch dasselbe mit grosser Gewalt in den Trog stürzen kann. Ist der Trog mit roher Erde und mit Wasser in nöthiger Menge beschickt und die Oeffnung c verschlossen, so verwandelt sich derselbe durch Bewegung der Welle in eine Schlämpe. Wird nun Wasser nachgelassen und der Schieber c geöffnet, so rinnt der Inhalt durch das Auslaufrohr d in das erste Absetzgefäss B. Dasselbe ist in g mit einem Siebe bedeckt. Die ganz groben Theile des aus der Rinne d ausfliessenden Inhalts bleiben darauf liegen, die feineren rinnen durch dasselbe in das Gefäss B ab. In demselben sondern sich die noch in der Flüssigkeit enthaltenen gröberen Theile ab, die suspendirt sich erhaltenen feineren Theile fliessen durch das Rohr h in das Gefäss C. C ist das zweite Sedimentirgefäss. In demselben setzt sich wieder Etwas Sand zu Boden und die feinen Theile fliessen durch das Rohr i und h in die Gefässe l und m. Diese beiden mit einander communicirenden Gefässe stehen fest in dem Gefässe D, d. i. in dem dritten Sedimentirgefässe. Diese beiden Gefässe l und m stehen gleich weit von den Wänden des Gefässes D ab. Das in dieselben rinnende nur mehr feine Theile enthaltende Wasser füllt dieselben von unten nach oben ohne starke Bewegung der Flüssigkeit, übersteigt endlich den Rand derselben, rinnt an den Wänden derselben herunter, füllt das Gefäss D und fliesst durch das Ablaufrohr n in eine Rinnenführung mit schwachem Gefälle, in eine Rinnenleitung, die in Fig. 24b im Grundriss dargestellt ist. In den Gefässen l, m und D hat sich schon der feinste Sand abgesetzt. War dies aber noch nicht der Fall, so setzt sich noch in den Rinnen Sand ab. Man kann dieselben daher beliebig verlängern. Das Ausflussende der Rinnen geht in die Setzbottiche, in welchen das klare Wasser abgelassen und der Erdenbrei mittelst Pumpen auf die Trockenapparate geschafft wird.

Das Auswaschen des Quarzsandes wird eben so wie das Schlämmen der Porzellanerde bewirkt, nur braucht man das Ablaufwasser, wenn es keine brauchbaren Bestandtheile enthält, nicht zu sammeln, sondern lässt es unmittelbar aus dem Rührge-

fässe ablaufen. Man setzt das Auswaschen des Sandes so lange fort, bis sich das Wasser durch Aufrühren des Sandes nicht mehr trübt.

Dr. Hertzog vervollständigte den beschriebenen Apparat dadurch, dass er an den Daumen noch Querscheite anbringt, welche sich parallel der Wand des Kastens, in welchem die Daumenwelle rotirt, fortbewegen und so eine innigere Mischung des Thones mit dem Wasser bewirken.

Ferner beschreibt Hertzog einen daselbst in Betrieb befindlichen Apparat, eine Combination der oben beschriebenen Schlämme mit der Alsing'schen Mühle für Feldspath, Sand und andere steinige Materialien.

Die Mühle besteht aus einem um seine Achse rotirenden cylindrischen Gefässe, in welchem das zu mahlende Gut durch kartoffelgrosse Quarzkugeln, wie bereits oben erwähnt, in das allerfeinste Mehl verwandelt wird.

In einem gemauerten Bassin rotirt ein an beiden Enden theilweise geschlossener Cylinder, ähnlich einem Kartoffelwaschapparat, dessen Mantel aus Eisenstäben besteht.

Das Bassin ist theilweise mit Wasser gefüllt und wird durch steten Zufluss so erhalten. Der Thon wird an dem einen Ende in den Cylinder gegeben. Durch die Rotation desselben reibt ein Thonstück das andere klein und löst sich auf, und der Thonschlamm fliesst am anderen Ende des Bassins ab.

Die grossen Steine, welche zwischen den Eisenstäben nicht durchfallen können, bleiben in dem rotirenden Cylinder. Sie werden durch am anderen Ende angebrachte radial gestellte Bretter hochgehoben und auf einer geneigten Rinne ausgeschüttet. Die kleineren Steine etc. und der feine Sand gehen mit dem Schlamme nach den Rinnen und von dort in Kästen, wo sich die gröberen Partikel ablagern.

Das Reinigen der Kästen ist sehr leicht mit Handbaggern auszuführen und stört in keiner Weise einen continuirlichen Betrieb.[1])

Dähling, den Zeit- und Materialverlust vermeidend, den die zeitweise nothwendige Reinigung des Schlämmbassins von Sand, Kies und Steinen verlangt, construirte einen continuirlich schlämmenden, sich selbst reinigenden Apparat. Derselbe[2]) ist dreitheilig. Er enthält einen liegenden Thonschneider, eine liegende Welle mit Schlägeln und ein rotirendes Sieb. Die Arbeit des Apparats ist folgende: der Thon wird zunächst durch ein

---

[1]) Notizbl. X, S. 20.
[2]) Notizbl. X, S. 18.

zweckmässiges Einweichen vorbereitet, dann dem Thonschneider unter continuirlichem Wasserzufluss übergeben. Der Thonschneider arbeitet die Masse inniger durch und bereitet sie für den eigentlichen Schlämmapparat vor, wie wir ihn in Joachimsthal bei Mentzel kennen gelernt haben. Der Thon wird, sobald der Trieb regulirt ist, von dem Thonschneider direct dem Schlagwerke übergeben, er wird auch weiter verdünnt, indem abermals ein continuirlicher Wasserstrahl, der genau regulirt werden kann, zugeführt wird.

Das Schlagwerk löst den Thon vollständig auf und übergiebt ihn dann einem rotirenden Siebe, welches seine Wirkung in der Art äussert, dass es durch Centrifugalkraft die Steine hinauswirft. In Bezug auf die Selbstreinigung ist der Apparat so construirt, dass in dem Schlagwerk an den Schlägeln kleine Queransätze angebracht sind, die ein Liegenbleiben von Steinen verhindern, indem sie an dem Boden entlang streifen und die Gegenstände wieder aufnehmen und weiter werfen, schliesslich bis zur Mündung, wo sie durch das Sieb ausgeschieden werden.

Für die Trockenbassins, deren zweckmässige Anlage von grösster Wichtigkeit ist, weil dadurch das Trockengeschäft sehr verlängert oder abgekürzt werden kann, stellt er, wie oben, den Boden durch Auffüllung vollständig als Sandboden her, dann führt er die Seitenwände von Ziegeln auf, die für diesen Zweck porös, und legt sie lose in Sand, nachdem vorher die ganze Grundfläche drainirt, so dass ein Wasserabfluss zu jeder Zeit nach unten hin stattfinden kann.

Als eine der einfachsten und bewährtesten Schlämmmaschinen führt Wagner in seiner chemischen Technologie 1868 diejenige von Henschel in Cassel an, welche aus einem höheren bedeckten Troge besteht, in dem eine drehbare, mit Rührarmen versehene Welle sich befindet.

Eine Schlämmvorrichtung für Pferdebetrieb, wie dieselbe vielfach in England, namentlich in der Umgebung von London, angewendet wird, ist bereits oben in Fig. 16 und 17 abgebildet, eine andere für Maschinenbetrieb in Fig. 25 und 26 der Taf. II (siehe Kerpely) dargestellt.

Bei der ersteren Einrichtung wäscht man den Thon zunächst mit Wasser durch einen mit Roststäben versehenen Kasten, um dickere Steine zurückzuhalten; das Durchgehende gelangt in den gemauerten ringförmigen Graben von 7—8 M. äusserem Durchmesser, 1,5 M. Breite und 1 M. Höhe. Man verrichtet das Schlämmen gewöhnlich im Herbst, bedeckt den Thon, wenn er die passende Steifheit erlangt hat, mit den Magerungsmitteln und lässt ihn faulen, wo man dann ausgezeichnete Produkte erhält.

Thonschneider. — Eine der wirksamsten und zweckdienlichsten Thonzertheilungs- und speciell Thonknetemaschinen ist die unter dem Namen „Thonschneider“ [1]) bekannte, welche zum Durchmengen und Kneten von getrocknetem, gemahlenem und gesiebtem Thone mit Wasser oder andern Zusätzen in Anwendung ist.

Er ist entstanden aus der bekannten holländischen Klaymühle von Holz und dem spätern eisernen Clayton'schen Thonschneider, die aber beide geradflächige Messer besassen, während dieselben in der heutigen Maschine durch schraubenförmig construirte Schneide- und zugleich Druck-Arme ersetzt sind.

Der Thonschneider, welcher für den Kleinbetrieb weniger geeignet ist, gestattet eine grosse Produktion bei billigerer Arbeit und ein inniges Mengen, insofern der zu übergebende Thon wie gesagt eine hinreichende Zubereitung und speciell ein gleichmässiges Erweichtsein erfahren hat oder er von vorneherein von natürlich günstiger Beschaffenheit war, wie das bei manchen feuerfesten Thonen bereits der Fall ist, oder die Zusätze, wie z. B. Sand, als kräftiges Homogenisirungsmittel mitwirken. Der Apparat hat die wesentliche Aufgabe, den Thon oder die Thonmasse sorgsam zu schneiden, wie auch deren Theile durcheinander zu drücken. Man hat dieselben für Hand-, Pferde- und Dampfbetrieb von Holz und von Eisen construirt.

Für den Handbetrieb hat Schlickeisen solche Maschinen mit vertikaler und horizontaler Achse hergestellt. [2])

Vor dem Pferdebetrieb hat der Dampfbetrieb den wesentlichen Vorzug, dass bei gewöhnlicher Construction des ersteren der Umgang des Pferdes beim Einfüllen in den Thonschneider störend ist. [3]) Man darf die Umdrehungsgeschwindigkeit über eine gewisse Grenze meist nicht erhöhen, weil der Thon eine gewisse Zeit haben muss, um sich mit dem Wasser innig zu mengen. Im Allgemeinen ist die Umgangsgeschwindigkeit bei Pferde- und Dampfbetrieb gleich zu nehmen; dem Umgange des Pferdes entsprechend, macht die Welle des Thonschneiders etwa 4—5 Umdrehungen in der Minute. [4])

Hinsichtlich der Stellung der Messer, so liegen diese bei den ältern Thonschneidern in demselben Niveau. Eine wesentliche Verbesserung war es, dass man, wie gesagt, an der Welle einfache, gegen dem Horizont geneigte und in einer Art Schraubengang gestellte

[1]) Auch bei den Ziegeleien bedient man sich zum Bearbeiten des Thones des Thonschneiders, dem event. ein Walzen des Thones vorhergeht. Dingler's Journ. B. 211, S. 3.

[2]) Wilken's Töpferei S. 27.

[3]) Bei den neuesten Maschinen von Schlickeysen in Berlin ist diese Störung vermieden.

[4]) Man findet indess mit Dampf betriebene Knetmaschinen, die bis 15 Touren in der Minute machen. Kerpely S. 27.

Messer anbrachte, welche auch einen ziemlich trocknen, zähen Thon nicht nur durchschneiden, sondern auch hinabdrücken und somit kneten, woauf dann das folgende Messer wieder ein Zerschneiden und Kneten bewirkt. Dabei stehen die Messer nach unten zunehmend dichter und flacher und die untersten erhalten behufs Auspressens der Masse eine Neigung von etwa 45°.

Als eine mustergültige Construction für einen solchen Thonschneider empfiehlt Türrschmiedt[1]) ein conisches Holzgefäss mit eisernen Reifen von 1,57 M. lichter Höhe, 0,94 M. Durchmesser oben und 0,63 M. Durchmesser unten für die Leistung eines guten Arbeitspferdes. Die 27,36 Quadratcm. starke schmiedeeiserne Welle geht an ihrem oberen Ende durch den Kopf eines am oberen Fassrande befindlichen Bockes und wird mittelst eines Ringes gegen den Kopf in senkrechter Stellung eingespannt und niedergehalten.

Am unteren Ende läuft die Welle in einem Stahlzapfen. Auf dem Kopfe des Bockes befindet sich eine eiserne Haube, die dem etwa 5,65 M. langen Zugbalken zum Lager dient. Die Welle trägt je nach der disponibeln Kraft 10—18 Stück 105 Mm. breite Messer, von denen die obersten 6 mit der Oberkante horizontal gegen die vertikale Welle stehen. Sie haben einen 33 Mm. breiten abgerundeten Rücken, dem die Unterkante zugeführt ist, so dass die Thonmasse bei der Bewegung des Messers um 33 Mm. herabgedrückt wird. Die folgenden Messer von gleicher Form stehen zu je 4 unter einem Winkel von 10, 15, 20, 25 und 30° gegen die Welle, so dass die Schneide höher steht als der Rücken, wodurch der Druck der Messer immer wirksamer wird, je tiefer sie kommen. Der Verjüngung des Gefässes entsprechend verkürzen sich die Messer und bleiben immer 39 Mm. von der Gefässwand entfernt. Sie gehen in einfacher Schneckenlinie an der Welle hinab und am unteren Wellenende befinden sich 4 Flügelmesser, welche unter einem Winkel von 45° vor dem mit Schieber versehenen Thonschneideloch von 314×366 Mm. Weite auf dem Gefässboden mit ihren Rückenkanten schaben.

Das Fass muss während der Arbeit immer gehäuft voll Thon gehalten werden.

---

[1]) T. Notizbl. 5, 243—283 nebst Zeichnungen daselbst. Lacroix, Etudes sur l'expos. de 1867. 7. sér. Fasc. 31—35. p. 376. T. 233. f. 2. Lipowitz, Portlandcementfabrikation. 1868. S. 37. Schmerber, Maschinen zur Vorbereitung des Ziegelthones in Public. industrielle de machines etc. Paris 19, 33. Lambert, I. c. Fig. 24 u. 25. Lacroix, Etudes sur l'expos. de 1867. 7. sér. Fasc. 31—35. p. 375. Bresl. Gewerbebl. 12. Nr. 24 (Thonschneider zu Carlowitz). T. Notizbl. 3, 70. Ebendas. 5, 391. Ferner empfiehlt Türrschmiedt die Thonschneider auf der Königl. Ziegelei bei Joachimsthal, welche nach alter Weise gebaut, noch heute ausgezeichnete Dienste leisten. Notizbl. III, S. 184.

Je nach der Beschaffenheit des Thones oder der Masse, wozu man das am besten trocken gemengte Material mit Wasser anmacht und dann einige Stunden stehen lässt und je nachdem man dieselbe steifer oder weicher präpariren will, wechselt man mit der Anzahl der Messer. Je steifer der Thon dem Messerdruck geboten wird, desto kräftiger wirken die Messer auf den Thon zurück und um so inniger wird derselbe durcheinander gemischt. Er darf aber nicht so steif sein, dass sich die Messerschnitte konserviren. Man kann mit der Steifigkeit unter Erleichterung der Pferdearbeit so weit herabgehen, als die Masse noch homogen wird und dieses erkennt man am besten an den Bruchflächen harter, aber noch nicht knochentrocken gewordener Thonstücke. Bei ungenügender Homogenität zeigen sich hier erkennbare Thonbrocken, Windungen, Streifungen und Schichtungen von verschiedener Farbe. Gewahrt man keine Farbenunterschiede, so muss eine Loupe zu Hülfe genommen werden. Sind Ungleichheiten zu bemerken, so sucht man sich durch mehrmaliges Durchgehenlassen der Masse durch den Thonschneider zu helfen.

Je mehr in möglichst gleichmässig feinem Korn der Thon oder die Thonmasse dem Thonschneider übergeben wird, um so homogener wird er von demselben zubereitet. Die Entfernung der Messer muss, wie gesagt, nach unten eine zunehmende sein, damit eine Compression ausgeübt wird.

Stehender und liegender Thonschneider. — Ausser den stehenden Thonschneidern hat man, wie bereits erwähnt, auch liegende, welche letztere allerdings mehr Kraft gebrauchen und nicht so haltbar sind, aber um so vollständiger ihre Bestimmung erfüllen. Die Zeichnung eines solchen horizontalen Thonkneters, wie er auf der Hermannshütte zu Hörde eingerichtet, wobei ich zugleich noch die eines vertikalen, am häufigsten zur Verwendung kommenden, mit angebe, entnehme ich Kerpely S. 26.

Die liegende Thonknetmaschine ist in den Fig. 27, 28 und 29, Taf. II, dargestellt. Fig. 27 zeigt die Einrichtung im Längenschnitt, Fig. 28 im Horizontalschnitt nach der Linie A B und Fig. 29 einen Querschnitt nach der Linie C D. Wie aus diesen Zeichnungen zu ersehen ist, wird das bei A eingetragene Mischgut, nachdem es durch die zwei in entgegengesetzter Richtung bewegten Mischflügel B gehörig durchgeknetet wurde, durch die Oeffnungen C herausgepresst.

Teirich in seinem Bericht über Thonmaschinen etc. auf der Wiener Weltausstellung erwähnt eine zweckmässige horizontale Thonknete der Firma Gebrüder Sachsenberg in Rosslau a. d. Elbe, deren Fülltrichter sich nur wenige Zoll über dem Fussboden erhebt.

Die ganze Anordnung ist zweckentsprechend und einfach (Dingler's Journal B. 214, S. 16) und dient zur Verarbeitung eines schon geschlämmten Materials, zur Mengung verschiedener Thonsorten und Beisätze für den Zweck der Terracotta- und Ofenkachel-Fabrikation u. s. w. und ist mit keinem Walzenwerke versehen.

Die Einrichtung des bezeichneten vertikalen Thonschneiders ist aus den Fig. 30—33, Taf. II, zu ersehen. Die in Mischcylinder A oben eingetragenen gemengten Materialien werden entweder durch continuirlich zulaufendes Wasser oder mit einem Male angenässt, dann durch die vermittelst der Spindel B in Rotation versetzten, mit Messern c besetzten Arme C durchgeknetet und als plastisches Gemenge durch die Oeffnung D hinausgedrückt.

Von einem combinirten stehenden und liegenden Thonschneider, zwischen welchen ein Walzenwerk eingeschaltet wird, giebt Seger Andeutung Notizbl. VIII. S. 140. Note.

Combinirte Thonbereitungsmaschine. — Eine recht vollkommene Zubereitung mancher Thone wird erreicht durch Combination von Walzen mit einem Thonschneider. Während die Walzmühle den Thon zermalmt, zerreibt und in gewissem Grade auch mischt, so bewirkt der Thonschneider ein Zerschneiden, Durchkneten und Mischen. [1])

Mischtonne. — Noch erwähne ich hier der Maschine, welche besonders in Glashütten in Gebrauch ist. Sie ist von Holz angefertigt, mit eisernen Reifen gebunden, hat einen Inhalt von ungefähr 4 Hektoliter und ist mit einer horizontalen Welle versehen, die in diagonaler Richtung hindurch geht; auf ihrem Umfange hat sie eine Oeffnung von 0,5 M. Länge und 0,4 M. Breite mit einem bebeweglichen Deckel, der sich leicht abnehmen lässt. Die beiden Enden der Welle laufen in zwei auf Ständern befestigten Zapfen. In dem Innern der Tonne sind, das eine dem andern gegenüber, zwei halbrunde Stücke Holz befestigt, die die ganze Länge der Tonne einnehmen und zwei Vorsprünge von 0,08—0,12 M. bilden.

Vermöge der dreifachen Bewegung, welche die Substanzen in einem solchen Fasse empfangen, sobald der Apparat in Thätigkeit gesetzt wird, findet eine vollständige Vermengung statt; denn indem er sich um seine eigene Achse dreht, werden sie in Folge der getroffenen Einrichtung (feste und diagonale Welle) von einem Boden zum andern geschleudert; die beiden Ansätze halten für einige Zeit die Substanzen zurück und lassen dieselben in dem Augenblicke,

---

[1]) Siehe Michaelis, S. 111 nebst Zeichnung, den von Hertel u. Comp. in Nienburg bestens construirten und daselbst empfohlenen Quetsch- und Schneideapparat. Siehe ferner Dingler's Journ. 219, S. 47.

wo sie die höchste Spitze der Wölbung erreicht haben, plötzlich herabfallen. — Die Menge des zu behandelnden Thons richtet sich genau nach der Grösse der Tonne.

Universal-Thonschneider. — Auch der bestconstruirte, leistungsfähigste Thonschneider kann nie als Universalmaschine dienen, d. h. als eine Knetungseinrichtung, in der jedweder beliebiger Thon, ohne Einsicht und Erkenntniss der jeweiligen zweckdienlichsten Vorarbeiten, zu einer homogenen Masse für sich oder mit den erforderlichen Zusätzen umzuwandeln wäre.

Einiges aus der Erfahrung in Fabriken feuerfester Waare. — Bei Verwendung von quarzhaltigen Materialien sind die eisernen Thonschneider zu verwerfen, da sie zu stark ausschleissen, damit zu Eisenflecken in der Masse beitragen und die Reparatur allzu schwierig ist. Statt allmäliger Verengung des Thonschneiders nach unten zieht man gleiche Weite desselben vor, doch sind die Messer stetig zu vermehren.

Die Achse besteht am zweckmässigsten aus massivem Eisen von 10—15 Cm. Durchmesser, welche, soweit Messer daran befestigt sind, kantig-viereckig ist.[1])

Die Messer sind am besten von Gussstahl.

Auch findet man Thonschneider ganz einfach viereckig aus Holz construirt.[1]) Es bildet sich darin von selbst ein cylindrischer Arbeitsraum und in die todten Ecken schieben sich Steine oder zufällige härtere Gegenstände.

In Betreff der Aufstellung der Thonschneider ist die Rücksicht zu beobachten, dass man die Materialien leicht einschaufeln und dagegen die fertige Masse einige Stufen tiefer bequem abnehmen kann, oberhalb des Formkanals.

Sehr wesentlich ist die Lage des Thonschneiders in Beziehung zu den Formtischen oder Formmaschinen. Am günstigsten gestaltet sich die Anlage, wenn sich die zum bequemeren Einschöpfen versenkt stehenden Knetmaschinen oberhalb der letzteren befinden, so dass die austretende geknetete Masse nicht wieder gehoben zu werden braucht, sondern direct in das Formlokal gelangt.

Ueberhaupt sind die Lagerungsräume, wie dies auch von den Trockenräumen für den Thon mit Rücksicht auf die Zerkleinerungsmaschinen gilt, in einem höhern Niveau des Fabrikgebäudes anzubringen. Bei Verwendung von Quarz, welcher zuerst zu den Brennöfen, dann zum Waschen und zum Pochen kommt, muss zur Er-

[1]) Beide Einrichungen finden sich bereits von Türrschmiedt empfohlen im Notizbl. V, S. 248.

sparung von Transportkosten derselbe diese Wege mit dem geringsten Aufwand von Händearbeit zurücklegen. Um die allseitige Communication ausser für die Materialien auch für die halbfertigen oder fertigen Fabrikate herzustellen und zu erleichtern, sind, wie schon oben erwähnt, Paternosterwerke, bewegte endlose Bänder, Schiebebühnen, Eisenbahnen und Eisenbahnwagen anzubringen.

In neuerer Zeit hat man bei den Zerkleinerungsmaschinen an den Theilen, welche am meisten dem Angriff unterworfen sind, Bessemerstahl eingeführt, so für die vertikalen Steine der Kollergänge, die ausserordentlich halten, da die Abnützung eine sehr geringe ist. Nach in Přibram ausgeführten Versuchen besitzen Pochstempel-Schuhe aus Bessemerstahl gegen solche aus Gusseisen eine 3½ Mal so lange Dauer, was ihre Anwendung bei dem gegenwärtig nicht ganz doppelten Anschaffungspreis ökonomisch macht, um so mehr, als sich dieselben auch viel gleichmässiger abnutzen. Versuche über Anwendung des Bessemerstahls zu Chabotten und zu Walzenhülsen der Quetschwerke sind im Zuge und wird hierüber weiterer Bericht folgen.[1])

Schliesslich erwähne ich noch einen allgemeinen Gesichtspunkt hinsichtlich des mechanischen Betriebes in den feuerfesten Fabriken.

Um die Zerkleinerungs- wie Mengemaschinen in Gang zu bringen, ist die Uebertragung der Bewegung mittelst Riemen derjenigen mittelst Kammrädern weit vorzuziehen, da solche durch die fortwährende Materialverstaubung unverhältnissmässig leiden und härtere, gröbere Stücke oder ein zufällig verlorener Eisentheil unvermeidlich eine momentane Stockung herbeiführt, die nothwendig einen Bruch nach sich zieht, während sonst höchstens der Riemen reisst.

Versatzmittel. — Mit Ausnahme einiger Rohkaoline oder von wenigen sandreichen Thonen lässt sich der Thon in seinem natürlichen, bindenden Zustande nicht verwenden, sondern bedarf eines Zusatzes. Fette, gut bindende Thone kleben an den Formen fest und lassen sich schwierig aus denselben herausbringen. Beim Trocknen verziehen sie sich, erhalten, wenn das Trocknen ungleich vor sich geht, an einer Stelle rascher als an der andern, und diese unverändert bleibt und jene nachgiebt, zahlreiche Risse, die beim Brennen, und namentlich bei partieller Einwirkung der Hitze, noch um so mehr zunehmen. Man versetzt desshalb die Thone mit künstlichen oder natürlichen, antiplastischen Mitteln, welche die Plasticität und Fettigkeit herabmindern, magern oder mit den sogen. Magerungsmitteln, wodurch das Formen erleichtert, das

---

[1]) Oesterr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen. 1875. S. 133.

Schwindungsvermögen vermindert oder aufgehoben wird, welche ferner als Ableitungsmittel dienen, dem Wasser aus dem Innern den Austritt gestatten und damit ein leichteres und gleichmässigeres Trocknen und Brennen, kurz das mechanische oder physikalische Verhalten begünstigen.

Die feuerfeste Thonindustrie benutzt zugleich auch in verschiedenen Fällen die Versatzmittel, um eine grössere Schwerschmelzbarkeit zu erzielen und ist deren Qualification in dieser Hinsicht maassgebend, ja entscheidend.

1. Charmotte.[1]) — Das hauptsächlichste Versatzmittel ist die Charmotte. Dieselbe ist ein grob- oder auch feinkörniges Pulver von gebranntem und dadurch fester, compacter, in der Regel dichter und überhaupt unveränderlicher gemachtem Thon. Sie soll nicht schwinden, aber die möglichste Verbindungsfähigkeit besitzen. Mit diesen Grundbedingungen ist es die Aufgabe der Charmotte, einer Thonmasse die Homogenität der Zusammensetzung (Brogniart unterscheidet bekannlich zwischen Homogenität der Bestandtheile und der Massen) zu geben, damit das durch das Trocknen entstehende und durch das Brennen fortgesetzte Schwinden so gleichmässig als möglich überall statt hat.

Man brennt die Charmotte entweder direct aus rohem, feuerfestem Thon oder erhält sie als Abfall von feuerfesten Fabrikaten: Kapseln, Muffeln, Steinen etc., welche durchglühte Massen, wofern sie nicht glasirt oder geschmolzen, jedenfalls das für sich haben, dass sie ihre volle Schwindung[2]) bereits hergegeben haben. Die Scherben zerbrochener Mineralwasserkrüge benutzt man in feingemahlenem Zustande, doch kann dies nur geschehen, wo es auf hohe pyrometrische Anforderungen nicht ankommt. Dasselbe ist jedoch bei directer Darstellung zu erreichen, nur muss der Thon anhaltend, d. h. durch und durch gleichmässig wie auch vorkommenden Falls z. B. bei kohlenhaltigem Material scharf und heftig genug, doch nie bis zur stärkeren Erweichung gebrannt werden. In Belgien nimmt man für die besten feuerfesten Fabrikate das Brennen der Charmotte zwei Mal vor.

Theoretisch ergiebt sich beim Brennen von Charmotte für feuerfeste Zwecke die dreifach zu erfüllende Aufgabe: 1) die Erhitzung muss so lange geschehen, dass der Thon alle Schwindung hergebe und sich möglichst verdichte, ohne dass aber 2) die Verbindungsfähigkeit verloren gehe und eine Verglasung oder gar Aufblähung eintrete und 3) dass der Thon unaufschliessbarer und damit feuer-

[1]) Türrschmiedt, die Charmotte. Notizbl. II, S. 114.

[2]) Nicht vollständig ausgeschwundene Charmotte verursacht bei daraus angefertigten Fabrikaten im Feuer nachtheilige Veränderungen, ein Aufreissen etc.

fester werde, wie indifferenter gegen flüssige Schlacke, schmelzendes Glas etc.

In der möglichst zutreffenden Lösung dieses dreifachen, sich zum Theil widersprechenden Problems liegt für die an sich so einfache Operation des Charmottebrennens ein praktisch noch beachtungswerthes Ziel.

Das Brennen des Thones zu Charmotte kann entweder in einem der weiter unter beschriebenen Brennöfen für feuerfeste Steine geschehen, oder man bedient sich vortheilhafter eigens dazu gebauter Oefen. Die Fig. 34—36, Taf. II (siehe Kerpely, Anlage und Einrichtung der Eisenhütten, Taf. III, Fig. 1, 2 u. 3), zeigen die Einrichtung eines solchen in Oberhausen benutzten Ofens. In diesem werden die 15—25 Cm. dicken Thonstücke derart eingeschichtet, dass für den Durchzug der Luft hinreichende Räume offen bleiben und hierauf wird durch 3 mal 24 Stunden die Feuerung mit Steinkohlen unterhalten. Bei geschlossener Essenklappe folgt 24 Stunden Abkühlzeit und dann wird der Ofen entleert. Man verbraucht per Brand 30—36 Ctr. Steinkohlen.

Zerkleinert wird der gebrannte und hierbei im Allgemeinen kantige Stücke gebende Thon bis jetzt am gewöhnlichsten durch Stampfwerke mit senkrechtem Schlage und von einfacher Construction. Man benutzt auch dazu die Quetschen (Steinbrecher) event. Vorschlag mit der Hand und Kollermühlen, wie bereits oben für die Zerkleinerung des Thones angegeben worden. Zweckdienlichst lässt man auch hier wie erwähnt, Pochwerke mit Mühlen oder Walzen in einander greifend arbeiten. Die verschiedenen Zerkleinerungsmaschinen geben bald mehr eckige, bald mehr runde, bald mehr flache Körner.

Die Grösse des Korns wie dessen Gestalt ist von wesentlichem Einflusse auf Festigkeit und Widerstand, nicht bloss in mechanischer Beziehung, sondern auch hinsichtlich der Haltbarkeit im Feuer, namentlich bei raschem Temperaturwechsel. Je feiner das Korn, je gleichartiger ist das Gemenge und findet ein Schwinden um so mehr statt. Die Masse brennt sich alsdann um so fester, aber um so geringer ist die Fähigkeit, Temperaturwechsel zu ertragen; bei grobem Korn umgekehrt. Da sich beide Eigenschaften nicht vereinigen lassen, so muss die Korngrösse sich darnach richten, welches Verhalten für einen vorliegenden Zweck massgebend ist. In der richtigen Vermittlung zwischen der feinen und groben Charmotte mit fettem Bindethon liegt ein gewichtiges nicht zu unterschätzendes Moment der Fabrikation. Man vermag so die Structur des Fabrikats bald dichter, bald poröser zu gestalten, ohne die schliessliche chemische Zusammensetzung desselben zu verändern.

Dazu kommt, dass der Zusatz von Charmotte gleichzeitig die Plasticität oder Cohäsion eines Thones beeinträchtigt, d. h. die Kraft des innern gegenseitigen Zusammenhaltes und zwar in demselben Verhältniss, als die Zertheilung durch die Zwischenlagerung der Charmotte grösser wird. Die Plasticität kann man aber nicht überall dem Schwinden opfern; im Gegentheil muss man fette Gemenge herstellen, wenn der zu formende Gegenstand die Bestimmung hat, einem starken Drucke, einem fortwährenden Angriff der schmelzenden Substanzen oder beiden Einwirkungen zu gleicher Zeit zu widerstehen.

Zur Ermittlung der Menge von Charmotte, die ein Thon bedarf, um z. B. bei Anfertigung von Häfen und Ziegeln brauchbar zu werden, wird angegeben, man solle ein Stück Thon fein zerreiben, dasselbe bei 100 ° C. trocknen, dann 100 Grm. davon abwägen und eine Stunde lang der Rothgluth aussetzen und alsdann, sobald es die Hitze erlaubt, wieder wiegen. Stellt sich nur ein Verlust von 3 Grm. oder noch weniger heraus, so bedürfe der untersuchte Thon fast gar keines Charmottezusatzes, wohingegen derjenige den grössten Zusatz verlangt, der den grössten Verlust erlitten hat. Häufig gelangt man dadurch am besten zum Ziele, dass man dem Thone bis zu einem gewissen Grade feine Substanzen beimengt und dann das noch Fehlende durch Gröberes ergänzt. Eine durch gröberes Korn hervorgebrachte rauhe Oberfläche lässt sich durch Begiessen mit Thon (Engobage) beseitigen.

In Betreff der Form der Körner der Charmotte, so sind dieselben mehr kantig und flach als rund herzustellen. Da die Kugel von allen Körpern verhältnissmässig die kleinste Oberfläche hat, so bietet ein Gemenge, aus kugeligen Theilen und Thon bestehend, die verhältnissmässig grössten Zwischenräume dar. Wo es daher auf die grösstmögliche Oberfläche und das geringste Maass von Zwischenräumen ankommt, ist eine scharfkantige, unregelmässig geformte Charmotte das geeignetste Zusatzmittel und zwar um so geeigneter, je mehr die Masse desselben im Vergleiche zur Oberfläche zurücktritt, je mehr dieselbe sich der Form von Blättchen nähert. Aus demselben Grunde, nämlich dass die Flächenausdehnung der Massenausdehnung gegenüber vorherrsche, ist hinsichtlich Dichtigkeit der Lagerung feine Charmotte grober vorzuziehen, ja man muss der groben Charmotte so viel feine Charmotte beimischen, als hinreicht, um die Zwischenräume der gröbern auszufüllen. Diese Menge erfährt man aber leicht auf die Weise, dass man einem bestimmten Volumen grober Charmotte, einem Hektoliter etwa, Wasser aus einem calibrirten Gefässe hinzufügt, bis dasselbe alle Zwischenräume angefüllt hat und sich eben an der Oberfläche zeigt. Das

erforderliche Quantum giebt das Maass der Zwischenräume in der groben Charmotte.

Das Gesagte gilt in gleicher Weise für event. Sandzusatz zu dem Thone. cf. Michaelis, die hydraulischen Mörtel, S. 273.

Charmotte im Gegensatz zu Quarz-Sand. — Im Allgemeinen ist als Versatzmittel für feuerfeste Fabrikate die Charmotte vor andern Materialien, und in physikalischer Beziehung stets, z. B. vor dem Quarz-Sande in erste Linie zu stellen. Letzterer hat indessen in gewissen Fällen, die sich ganz bestimmt bezeichnen lassen, seine Berechtigung und verdient selbst event. und namentlich in ökonomischer Hinsicht den Vorzug. Derselbe ist in der Regel ungleich billiger zu beschaffen.

Beim Vergleichen eines Thones, welcher mit feiner Charmotte und ebenso mit reinem Sande versetzt wird und welche beide Gemenge bis zur Gussstahlschmelzhitze erhitzt werden, ist, wenn ersteres bedeutend mehr erweicht als letzteres, für den fraglichen Thon der Sandzusatz zu wählen. Schmilzt hingegen das Sandgemenge eher, so ist ganz entschieden dem Charmottezusatz der Vorzug zu geben und der fragliche Thon als Charmottethon zu bezeichnen.

Hervorragend feuerfeste Thone sind immerhin vorzugsweise als Charmotte zu brennen und damit zu verwenden; ja ein Sandzusatz ist hier zweckwidrig, dagegen sind mittelmässige und besonders zugleich an Flussmittel arme Thone, wie unbedingt die geringen feuerfesten Thone, ungleich vortheilhafter mit Sand zu versetzen, und ist so deren frühere Sinterung zu verhindern oder ihre Schmelzbarkeit zu erhöhen, wenn auch selbstverständlich nicht durchaus genügend für hohe Anforderungen. Da wo auf die feuerfesten Produkte eine mehr chemische Wirkung damit in Berührung kommender Agentien stattfindet, z. B. bei Anfertigung von Gefässen zum Probiren, für Tiegelschmelzungen im Grossen etc. wird und ist mit Recht der Charmotte vor dem Sande der Vorzug zu geben.

Schwerschmelzbare Charmotte zweckdienlich angewendet, — genügend, wenn auch nicht übertrieben heftig, bis auf jegliche letzte Schwindung gebrannt und damit auch chemisch indifferenter[1]) geworden, und dieselbe in geeigneter, ausgleichender Korn-

---

[1]) Bekanntlich ist unter Anderm nach Versuchen im Laboratorium von Sèvres **stark** gebrannter Thon von Säuren weit weniger angreifbar. Während durch geringeres Erhitzen die Kieselerde theilweise in die amorphe, weiche Modification übergeht und daher ein Thon damit leichter aufschliessbar ist, findet bei heftiger Erhitzung das Umgekehrte statt. Ein solcher grösserer Widerstand wie gegenüber der Säure lässt sich auch ebenso im Feuer zwischen gebranntem und ungebranntem Thone beobachten und ist als eine wenn auch sehr feine so doch bemerkbare Grösse zu constatiren.

grösse wie hinreichender Menge genommen — ist von dem günstigsten physikalischen Einflusse resp. auf die mechanische Haltbarkeit der damit hergestellten Masse. Die Charmotte vermindert am zweckdienlichsten die Molekularspannung, d. h. den Zwangszustand, wie wir ihn nach Michaelis bei fast allen künstlich erzeugten Silikaten mehr oder weniger finden. Solche Charmottefabrikate reissen nicht und widerstehen dem Stosse und jähem Temperaturwechsel in bedeutend höherem Grade.

Was die rein pyrometrische Wirksamkeit der Charmotte angeht, so findet mit deren Zunahme im Verhältniss zum Thon, sieht man von der bezeichneten, doch nur in sehr geringem Grade bemerkbaren Indifferenz ab, keine absolute Erhöhung der Schwerschmelzbarkeit statt. Die einzelnen Charmottekörner und um so mehr die gröberen [1]) halten sich nur relativ länger. In physikalischer Hinsicht ist die interessante Erscheinung zu beachten, dass, je heftiger eine Thonmasse wie die des Porzellans gebrannt wird, um so geringer deren Dichtigkeit ist, wenn auch die Masse im Ganzen sich dabei zusammenzieht. Nach Laurent, Malaguti, Salvétat und G. Rose steht fest, dass hartes Porzellan, in dem Maasse als es gebrannt wird und sich zusammenzieht, an Volumen einbüsst, aber am specifischen Gewicht nicht zu-, sondern abnimmt. Notizbl. VI, S. 206.

Ueber das Schwinden beim Brennen und zwar für den oben angegebenen Thon der Classe III, den Grünstädter, hat Aron [2]) in weiterm Verfolg eine Reihe von Versuchen angestellt. Er versetzte den Thon mit einer gleichen Menge gebrannten Thones [3]), Charmotte von verschiedener Korngrösse, sowie in gleicher Korngrösse aber verschiedener Menge.

Zur Bestimmung der Temperatur des Brandes wurde das electrische Pyrometer von Siemens angewandt, jedoch nur bis zu etwa 1000 ° C.; zur Markirung höhern Hitzgrades, wofür das genannte Pyrometer nicht ausreichen wollte, diente ein Schmiedeeisendraht, wie theils ein Platinblech.

Bei dem unversetzten Thone steigt die Schwindung, die überhaupt erst bei einer Temperatur über 650 ° C. beginnt, bis zur gemessenen Temperatur von 980 °, hört alsdann bald oder allmälig

---

[1]) Die Schmelzbarkeit ist so zum Theil, wenn auch in geringem Grade, abhängig von der physikalischen Beschaffenheit der Gemengtheile. Die Feuerbeständigkeit wächst mit der mit der Grösse des Korns abnehmenden Berührungsfläche.

[2]) Notizbl. 1875. S. 317.

[3]) Die Temperatur, bei welcher der Thon gebrannt, findet sich nicht näher angegeben.

auf, um bei höherer Temperatur im Gegentheil eine Vergrösserung zu zeigen. Letztere Volumenvermehrung ist als Folge beginnender und durch entweichende Gase herbeigeführter Aufblähung anzusehen, welche die meisten Thone bei starker Erhitzung erleiden. Zwischen dem Klinkerungs- und dem Schmelzpunkt eines Thones, oder dem Dichtwerden und dem Fliessen, kann, wie Aron ganz richtig und nachdrücklich hervorhebt, ein weiter Temperaturabstand liegen. Die eigentliche Hauptschwindung des reinen Thones von Grünstadt liegt innerhalb der engen Temperaturgrenze von 800 bis 980° C. Ferner schwindet der mit Charmotte gemagerte Thon um so weniger bei derselben Temperatur, je gröber das Charmottekorn.

Kieselsäure in Gestalt von Quarz, Feuerstein, Hornstein etc. — Die Kieselsäure, namentlich als Quarz, spielt trotz Härte und leichten Zerspringens im Feuer bei den feuerfesten Thonen in besonderen Fällen wie aus besonderen Rücksichten, namentlich, wie gesagt, in ökonomischer und theils physikalischer Beziehung oft eine recht gewichtige Rolle. Sie findet sich in der Natur im krystallisirten Zustande als Bergkrystall, Amethyst, Quarz, theils auch Sandstein; im krystallinisch dichten als Chalcedon, Chrysopras, Hornstein und Feuerstein, und im amorphen als Opal, Hyalith, Menilith, Kieselsinter und Infusorienerde. Diese verschiedenen Arten besitzen verschiedene chemische wie physikalische Eigenschaften. Bekanntlich wird z. B. die amorphe Kieselsäure mit dem specifischen Gewicht 2,2—2,3 [1]) leicht und vollständig in concentrirter alkalischer Lösung gelöst, während dies bei der krystallisirten mit dem specifischen Gewicht von 2,6 nur sehr wenig der Fall ist. Ferner wirkt auf die amorphe Kieselsäure rauchende Flusssäure heftig ein, indem sie sich damit äusserst stark erwärmt und aufbraust, während die krystallinische Kieselsäure langsam und ruhig von derselben gelöst wird. Die amorphe Kieselsäure unterliegt also leichter und eher dem Einflusse der Reagentien.

Die chemische Verschiedenheit zwischen der amorphen und krystallisirten Kieselsäure giebt sich in ähnlicher Weise hinsichtlich der Schmelzbarkeit, wenn auch nicht in so unmittelbarer Weise zu erkennen. [2])

Mengt man Proben dieser verschiedenen Kieselsäure mit Thonerde (oder natürlichem Thon), so verhält sich die amorphe

---

[1]) In neuerer Zeit wurde durch vom Rath (Pogg. Ann. 1868. Nr. 3, S. 507) von demselben geringen specifischen Gewichte auch eine krystallisirte Kieselsäure entdeckt, welche er Tridymit nannte.

[2]) Siehe betr. Aufsatz von mir in Dingler's Journ. 1864.

Kieselsäure wesentlich leichtflüssiger als die krystallisirte, ja in einer bestimmten wenn auch hohen Temperatur, in welcher die amorphe Kieselsäure geradezu als Flussmittel auftritt, vermag die krystallisirte im Gegentheil die Strengflüssigkeit zu erhöhen.

Für sich die verschiedenen Quarzarten heftig geglüht, wenn sie auch vorher alle in derselben Weise mittelst kochender Salzsäure gereinigt waren, sind sie hinsichtlich der Strengflüssigkeit von einander verschieden; doch giebt sich in diesem Falle ein durchgehender Unterschied zu Gunsten der krystallisirten Kieselsäure nicht zu erkennen, wenigstens erscheint im Gegentheil der amorphe Opal strengflüssiger, als die meisten krystallisirten Quarzarten. Durch sehr starkes Erhitzen gehen bekanntlich die krystallisirte und krystallinische Kieselsäure in die amorphe über.[1])

Am strengflüssigsten erscheint der Feuerstein und Bergkrystall, dann folgt der Opal und hierauf der Amethyst, Chalcedon, Hornstein, Hyalith, krystallisirter Quarz und Milchquarz. Augenscheinlich am wenigsten schwerschmelzbar verhält sich die Infusorienerde.

Unter den genannten Mineralien findet in der Industrie der feuerfesten Thone nur ein Theil Verwendung. Am häufigsten verbreitet und desshalb bei Weitem am wichtigsten ist der Quarz, dann folgt der Sandstein, woran der Feuerstein, Hornstein, Quarzit und benutzte vereinzelte Kieselsäurelager, wozu auch die Infusorienerde gehört, sich anschliessen. Der Quarz — dieses glasharte aber spröde, fett-glänzende, häufig reinweisse, auch durchscheinende, für sich unschmelzbare Gestein — kommt ausserdem, dass er ein Gemengtheil vieler Felsarten ist und in den verschiedensten Gebirgsformationen Drusen, Gänge und Lager bildet, als eigenthümliche Gebirgsart, der Quarzfels, in ganzen Gebirgen vor.

Für die Darstellung feuerfester Fabrikate mittelst Kieselerdezusatzes ist es demnach schlechterdings nicht gleich, welche Quarzart man dazu verwendet, wobei der krystallinische, im Feuer mehr oder weniger Widerstand leistende Zustand, wie die Frage, in welcher Korngrösse befindet sich die verwendete Quarzart, eine Rolle mitspielt.

Nicht unerwähnt ist hier zu lassen, dass manche dieser Resultate aus der Bildungsweise der verschiedenen Quarzarten sich erklären dürften.

---

[1]) Nach Jenzsch ist die krystallinische dichte Kieselsäure in Folge atmosphärischer Einflüsse einer Verwitterung fähig, bei welcher sie in den amorphen Zustand übergehe. Notizbl. IV, S. 261.

Hat sich wahrscheinlich die krystallinische und krystallinisch-dichte Kieselsäure aus einer vollständigen Auflösung von Kieselsäure abgeschieden, so sind die amorphen Mineralien zwar auch im Wasser entstanden, aber es sind grösstentheils keine ursprünglichen Bildungen, sondern Umwandlungsprodukte präexistirender Mineralien, wie sie z. B. im Laboratorium durch Einwirkung von Säuren auf verdünnte Auflösungen von Silikaten entstehen. Amorphe Kieselsäure ist demnach erstarrte Kieselgallerte, aus der Zersetzung gelöster älterer Silikate durch Einwirkung von Kohlensäure entstanden. Zur amorphen Kieselsäure gehören die unter dem Namen Kieselguhr, Bergmehl, Infusorienerde bekannten organischen Gebilde, im Gegensatz zu den genannten rein anorganischen, welche fast ausschliesslich aus den kieseligen Ueberresten von unzähligen Millionen kleinster Organismen bestehen und unter deren Einfluss entstanden sind.

In physikalischer Beziehung ist noch von dem Quarz die bekannte Erscheinung anzuführen, dass er beim Glühen sich ausdehnt, „wächst". Aron beobachtete bei einem Stücke Quarz, auf dem zwei Marken angebracht waren, nach dem Glühen eine Vergrösserung von 0,59 Procent in linearer Ausdehnung. Die Ueberführung der krystallinischen Kieselsäure von dem specifischen Gewicht 2,6 in die amorphe mit specifischem Gewicht 2,2 vor dem Knallgasgebläse entspricht nach demselben Forscher und nach Fr. Mohr, wie noch weiter unten folgt, einer Raumvergrösserung von etwa 18 Procent. Notizbl. VI, 206 u. X, 140.

Es ist Aufgabe der Praxis, diesem Treiben des krystallinischen Quarzes im Feuer entgegenzuwirken und ist in dieser Hinsicht die Wahl des Kieselmaterials und dessen Korn von Bedeutung. Event. ist durch Charmottezusatz eine Ausgleichung zu erzielen.

Man benutzt im Grossen Quarz im zerkleinerten Zustande zur Auskleidung der Schweissofensohlen und mit besonderem Vorzuge Sandsteine, möglichst eisen- und glimmerfreie, zur Dinassteinfabrikation, Feuerstein zum Frittenporzellan, zu Steinzeug, Fayencen, ferner Kieselgerölle, wie Sand, in gröberer und feinerer Form.

Bei Verwendung der natürlichen Sandsteine als solcher ist zu beachten, dass dieselben vorher längere Zeit auszutrocknen, alsdann gelinde anzuwärmen sind; ferner dass dieselben bei geschichteter Beschaffenheit, im Mauerwerk so gelegt werden müssen, wie sie im Steinbruche gelegen, damit nämlich nicht die Lagerseite, sondern eine der Kopfseiten dem Feuer ausgesetzt werde, weil sonst im Feuer ein Abblättern eintritt.

Zerkleinerung des Quarzes etc. — Um harte Steine, wie Quarz, Feuerstein und Sandstein, bei welchem letzteren bei einem speci-

fischen Gewichte von 2,1 und 2,5 die Festigkeit 350 bis selbst 780 Kilogr. pro Quadratcentimeter beträgt, zu zerkleinern, erhitzt man dieselben zum Glühen und lässt sie dann durch Uebergiessen mit kaltem Wasser rasch erkalten. Zum Ausglühen bedient man sich entweder der Flammöfen mit liegender Sohle oder der Schachtöfen, in denen die Steine mit abwechselnden Schichten von Brennmaterial aufgehäuft werden, wodurch ein continuirlicher Betrieb möglich wird, oder endlich bildet man aus den Steinen mit dem Brennstoff meilerartige Haufen.[1]) Die erste Methode ist jedenfalls die kostspieligste, die zweite die billigste. Man kann dabei jeden Kalkofen benutzen. Geschieht das Brennen in einem sogen. Rumford'schen Kalkbrennofen mit 3 oder 4 Feuerungen am Umfange, so genügen 10—12 Stunden scharfer Feuerung, um den ganzen Einsatz (von 200—300 Ctr.) in helle Rothgluht zu bringen. Da, wo eine Verunreinigung der Massen durch Asche oder Schlacken nicht stattfinden darf, wird man aber immer die erste Methode anwenden, weil sie am reinlichsten ist. Man benutzt dazu das billigste Brennmaterial, Steinkohlenklein. Namentlich beim Glühen der Feuersteine ist es anzurathen, nicht Holz als Brennmaterial anzuwenden, weil durch den Einfluss der alkalienreichen Flugasche leicht eine glasige Masse auf den Feuersteinen sich bildet, die später nachtheilige Einflüsse bei der Verarbeitung herbeiführen kann. Zieht man dann die rothglühenden oder doch sehr heissen Steine in ein vor dem Ofen angebrachtes Reservoir, welches mit kaltem Wasser gefüllt ist, so können sie durch die plötzliche Molecularveränderung darin schon zu grobem Pulver zerfallen oder sie zerklüften doch in allen Richtungen und sind mit feinen Sprüngen durchzogen, welche die spätere Zerkleinerung erleichtern.

Behufs Anfertigung von Quarzziegeln (Dinassteine) wird nach Khern[2]) möglichst reines, von Glimmer, Feldspath, Eisenadern etc. freies Quarzgestein in Quantitäten von 10,000—15,000 Kil. im Rumford'schen Ofen während 10—12 Stunden in helle Rothgluht gebracht, die noch glühenden Blöcke ins Wasser geworfen, mit einer Handsetzmaschine gewaschen und der Handscheidung unterworfen, dann die reinsten Stücke zur ersten Ziegelsorte verwendet. Beim Brennen, welches auch in Ziegelbrennöfen stattfinden kann, sind die Stücke so einzusetzen, dass ein durchbrochener Schacht aus gröberen Blöcken formirt wird und die Flamme gehörigen Durchzug findet.

---

[1]) Salvétat I. c. Tom. II. p. 36—40; Strele, Porzellanbereitung 1868. S. 22 nebst Zeichnungen.

[2]) Wagner's Jahresber. 8, 380; 12, 237.

Zerkleinerungsmittel des Quarzes. — Die rohen oder abgeschreckten Steine werden zunächst unter Hämmern in Pochwerken, Quetsch- oder Kollermühlen oder Schleuderapparaten zerkleinert, um dann feingepulvert oder in Blockmühlen geschlämmt zu werden.

Hämmer. — Khern zerkleinert z. B. den abgeschreckten Quarz unter einem Schwanzhammer von 140 Kil. Gewicht, welcher, von einem Mann bedient, in 12 Stunden 1,5—1,6 Kubikmeter Quarzmehl liefert, welches durch ein Sieb mit 8—9 Maschen pro Quadratcentimeter geworfen wird. Mittelst Salzsäure kann dem erhaltenen Pulver ein Eisengehalt entzogen werden.

Sand. — Sand — diese unbegrenzt viel begreifende Masse ist nach Senft[1]) ein kleinkörniges Zertrümmerungsprodukt aller krystallinischen Felsarten und einfacher Gesteine und daraus entstanden durch mechanische Zerstörung, durch Gletscher, Bäche, Flüsse, Meereswogen, wie ferner durch chemische Zersetzung oder durch Austrocknen aus wässeriger Lösung. Wasser zerstört das Gestein durch Eis- und Dampfbildung, zerreibt das Getrümmer bis oft zu mikroskopisch kleinen Schuppen und Blättchen und erzeugt so Flug- und Mehlsand. Es löst das Bindemittel der Sandsteine und hinterlässt bei rascher Verdunstung gelöste Stoffe in pulveriger Form, die theils einen innigen Gemengtheil der Thone ausmachen, theils Sand und Geröll überziehen, theils als Stein- oder Bergmehl für sich in Lagerung gehen.

Jede Felsart und jedes Material, sagt Senft sehr bezeichnend, kann bei seiner mechanischen Zerkleinerung wenigstens eine Zeit lang wirklichen Sand bilden, nicht etwa bloss der zertrümmerte Quarz, und so ist jeder Sandhaufen im Allgemeinen als ein Gemenge von Mineraltrümmern verschiedener Art zu betrachten. Sand ist nur eine Aggregatform, in der jedes Mineral erscheinen kann und ist daher kein chemisch reiner Körper.

Im Sandgemenge lassen sich zweierlei Sandkörner unterscheiden: die veränderlichen und die stabilen, zu welchen letztern die Quarztrümmer gehören. Ausserdem treten in den Sanden Accessorien oder zufällige Gemengtheile auf: Krystalle, Körner und Blättchen von Mineralien und Metallen, welche aus den zersetzten Muttergesteinen herstammen oder zugeschwemmt sind. — Nach Remelè ist im Sande der grössere Theil der feinen Körnchen in seiner mineralogischen Individualität zu erkennen; während in dem gleichfalls mineralischen Produkte, dem Schluff, dies nicht der Fall.

---

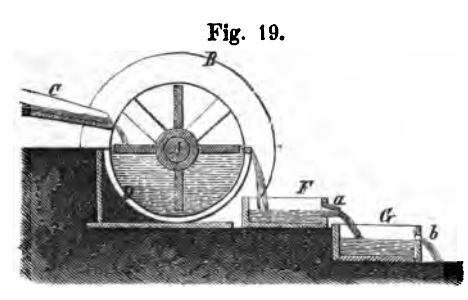
[1]) Der Steinschutt und Erdboden von Dr. Ferd. Senft zu Eisenach. Berlin 1867.

Man kann die Sande, wovon jedes Vorkommen gewöhnlich von einer gewissen Gleichheit, theils nach der Korngrösse, theils nach der Korngestalt, theils nach den Hauptgemengtheilen klassificiren. Der Sand kann grober (Kies), feiner (Staubsand) und andererseits körnig, blättrig und splittrig sowie feldspäthig, kalkhaltig, glimmerhaltig und eisenschüssig sein.

Alle die genannten drei Unterscheidungsmerkmale kommen bei der Verwendung des Sandes in feuerfester Beziehung und zwar des am verbreitetsten Quarzsandes[1]), den man hier nur gebrauchen kann, in Betracht. Für feuerfeste Zwecke ist es keineswegs gleichgültig, ob ein Sand grob oder fein, ob er rundlich abgeschliffen oder scharfkantig und muss er vor Allem ausreichend rein oder frei von den genannten Materialien und Stoffen, wie erdigen und selbst event. thonigen Theilen, sein. Ein reiner Sand hinterlässt, auf einem weissen Papier ausgebreitet und gerieben, keine Schmutzflecke, oder mit Wasser geschüttelt trübt er dasselbe nicht und wird ein solcher auch von Wasser viel rascher durchdrungen.

Mit erdigen Bestandtheilen gemengten Sand, welche Vermischung um so häufiger der Fall, je feiner der Sand, reinigt man durch Waschen.[2]) Beim Schlämmen bleiben grobe Kieselkörner schon im Aufweichbottig zurück, die thonigen gehen in das Vorlagegefäss und der Sand sammelt sich im Schlämmstocke.

Fig. 19.



Strele giebt zwei Apparate zum Auswaschen von Sand nebst Zeichnungen an. Fig. 19 stellt einen solchen für Fälle dar, wo genug Wasser zu Gebote steht. B stellt als bewegende Kraft ein Wasserrad vor, an welchem sich die Welle A mit Flügel befindet. D ist ein halbcylindrisches Gefäss von Holz, welches den auszuwaschenden Sand enthält. C ist eine Rinne, welche dem Gefäss das Waschwasser zuführt, welches, wenn es durch die Bewegung der Welle und das hierdurch erfolgte Aufrühren des Sandes

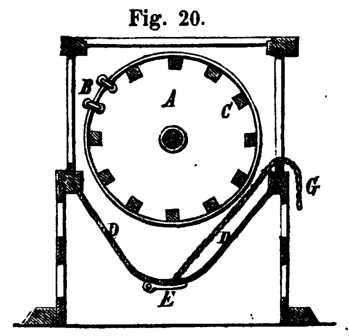
---

[1]) Nach Girard zeichnet sich der Braunkohlensand als reiner Quarzsand aus, Notizbl. IV, S. 141. Nach von Dechen „Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im deutschen Reiche" S. 774 liefern überhaupt die tertiären Schichten überaus vielen sehr reinen Quarzsand.

[2]) Das Waschen des Sandes ist ein Schlämmen mit umgekehrtem Zweck Beim Sande will man das Gröbere gewinnen und das Feine beseitigen.

die feinen erdigen Theile desselben aufgenommen hat, getrübt überläuft und allenfalls in den daneben sich befindlichen Satzgefässen gesammelt werden kann. F und G sind solche Satzgefässe. a und b sind Ablaufröhren in denselben. Das halbcylindrische Gefäss D hat an einer Seitenwand eine Oeffnung, durch welche mittelst einer Krücke der ausgewaschene Sand herausgezogen werden kann. Den Inhalt in den Satzbottichen, wenn er brauchbar ist, behandelt man wie bereits bekannt. Ist man jedoch gezwungen, mit dem Wasser zu sparen, so macht Fig. 20 einen Apparat anschaulich, womit man das Wasser den Sand so lange auswaschen lassen kann, bis dies vollständig geschehen ist. A ist eine Tonne, welche an die durchgehende Achse befestigt ist und mit derselben herumgedreht werden kann. B ist die verschliessbare Oeffnung, durch welche man die Tonne füllen und entleeren kann, wenn man der Tonne eine diesem Zweck entsprechende Lage giebt, und zwar kann man, wenn man die Oeffnung nach und nach gegen unten zu anbringt, zuerst die trübe Flüssigkeit ablaufen lassen und endlich allen Sand aus dem Bottich bringen, wenn die Oeffnung ganz nach unten steht. C sind Verstärkungsrippen von Holz oder, wenn das Eisenoxyd den mit diesen Materialien erzeugten Massen nicht schädlich ist, auch von Eisen. D ist ein trichterförmiger Kasten. E ist eine verschliessbare Oeffnung in demselben, die man mittelst der Rolle G öffnen und schliessen kann und wodurch man den ausgewaschenen Sand in untergesetzte Gefässe bringen und fortschaffen kann.

Fig. 20.



Wirksamkeit des Sandes. — Der Sand, wenn er nicht allzu fein, wirkt in der Regel dem Schwinden der Thone entgegen und regelt dasselbe durch seine Körperlichkeit sowohl beim Trocknen als beim Brennen. Er brennt im Allgemeinen die Steine mürbe und bei grösserer Menge, oder wenn die Sandkörner zu grob sind, rissig. Ein Ueberschuss von Sand benimmt dem Thon seine Dichtigkeit, die dadurch lockere, löcherige Masse, welche Wasser begierig einsaugt, verliert ihre Zähigkeit.

Aron in seiner werthvollen Abhandlung (Notizbl. X, S. 131) „Ueber die Wirkung des Quarzsandes und des Kalkes auf die Thone beim Brennprocess“ stellte durch eingehende Versuche fest, dass mit Quarzsand gemagerte Steine bei Dunkelrothgluth grösser sind, als im getrockneten Zustande und durch Quarzpulver gemagerte Thone von einem gewissen Punkt der Magerung ab beim Brennen

nicht dichter, sondern poröser werden, und zwar um so poröser, je stärker sie gebrannt werden.

Schwindungsversuche in letzter Zeit von Aron angestellt mit Thon und Quarzsand, letzterer in verschiedenen Korngrössen, gaben das Resultat, dass mit dem gröbern Korn das Schwinden beim Trocknen wächst, während beim Glühen das Umgekehrte in sehr erheblichem Maasse, ja schliesslich selbst ein Wachsen eintritt. Der Grund dafür ist in einem mechanischen Momente (mehr oder weniger dichte anfängliche Lagerung der Theilchen) und bei genügend hoher Temperatur in einem chemischen (vermehrte Angreifbarkeit) zu suchen. Bei den in allem Uebrigen gleichen Mischungen zwischen dem Thone und Quarzsand bis auf die verschiedenen Korngrössen zeigte sich, dass gleiche Mengen Wasser eine mit dem gröbern Korn zunehmende Weichheit des Teiges herbeiführen, weil das durch Quarz vertretene Wasser zur Entfernung der Thontheilchen von einander beiträgt oder mit andern Worten, je gröber das Korn um so wässeriger werden die Thontheilchen, daher die Masse um so weicher erscheint und beim Austrocknen um so mehr sich zusammenzieht oder schwindet. cf. Notizbl. 1875, S. 314.

Versetzt man einen Thon mit reinem Quarzsand in verschiedenen Verhältnissen und glüht die Gemenge, so wird, wie wir oben bereits kennen gelernt, bei einer Temperatur unter der Gussstahlschmelzhitze die Strengflüssigkeit durch den Sand erhöht und zwar in zunehmendem Verhältnisse mit dessen Menge; wird aber die Prüfungshitze über Gussstahlschmelzhitze gesteigert, d. h. so weit, dass eine Silikatbildung eintritt, so wirkt im Gegentheil der Sand flussbildend. Die Silikatbildung findet um so leichter statt, je feiner der Sand zerrieben ist und es bilden sich um so leichtflüssigere Verbindungen, je unreiner der Thon.

Wird er in geringerer Hitze geglüht, so nimmt mit Zunahme des Sandes, und namentlich wenn er nicht feiner pulverisirt wird, ungleich das Volumen zu, d. h. die Porosität, wobei die Festigkeit abnimmt. Vergleiche weiter die oben angeführten Versuche von Aron.

Ist so durch Sandzusatz dem Schwinden entgegenzuwirken, so wird dadurch auch dem Springen vorgebeugt.

Mit der Porosität stellt sich, ähnlich wie bei einem Schwamm, das Bestreben ein, flüssige Substanzen, Schlacken etc. einzusaugen, wodurch eine Zerstörung um so leichter angebahnt wird.

Der Sand übt, wie gesagt, noch eine beachtenswerthe mechanische Wirkung aus. Ein Sandzusatz wirkt in einem bewegten Gemenge „reibend und einreibend“ und dient so als kräftiges Ho-

mogenisirungsmittel. Auch sagt man von ihm, der grobe Sand auf der Maschine „ersetzt die Zähne", er macht, dass die Walzen überhaupt greifen.

Ein Gemenge von Thon und Sand geglüht, ohne dass eine Silikatbildung eintritt, giebt zerkleinert ein Pulver von rundlichem Korn, das sich weniger innig verknetet, weniger fest brennt, als solches von kantigem Korn.

Infusorienerde.[1]) — Ist für höhere feuerfeste Zwecke weniger geeignet. Abgesehen davon, dass sie amorphe Kieselsäure, Reste untergegangener Generationen von Infusorien, enthält, ist dieselbe leichtflüssiger als die krystallinische, kommt überhaupt unreiner vor und verhält sich hinsichtlich des chemisch gebundenen, sehr energisch zurückgehaltenen Wassers, wesentlich ungünstiger.

Pyrometrische Bestimmungsweise des Quarzarten. — Auch die Quarzarten, namentlich die verschiedenen Sandsteine, die in physikalischer Beziehung den Vorzug verdienen, lassen sich gewissermassen mit chemisch reinem Quarzpulver titriren resp. damit bis zu einem gewissen Normalpunkte verdünnen und alsdann aus der Menge des verbrauchten Verdünnungsmittels der pyrometrische Werth zahlenmässig bestimmen.[2])

Selbst sehr kleine Unterschiede, um welche es sich bei den verschiedenen reinen Quarzarten meist nur handelt, werden mittelst dieser Methode durch eine grosse Zahl (ein Vielfaches) ausgedrückt.

Das zu prüfende feinstens pulverisirte und gesiebte Mineral wird mit der 1-, 2- bis 3fachen Menge des reinen gleichfalls feinsten Quarzpulvers innigst gemengt. Auf diese Art werden 10 Proben erhalten, die man mit Wasser anmacht, Prismen daraus formt und mit dem Zusatze entsprechenden Nummern versieht. Fügt man hierzu noch eine gleiche Probe aus dem chemisch reinen Quarze, sowie (wenn auch nicht nothwendig, so doch zur grösseren Ueberzeugung) ein Prisma aus dem fraglichen Mineral und glüht endlich sämmtliche 12 Prismen in derselben heftigen Weissglühhitze, so wird eine Reihe erhalten, deren höhere quarzreichere Glieder sich dem chemisch reinen Quarze stets mehr und mehr nähern. Verfolgt man die dahin führenden Stufen im Einzelnen, so bietet sich stets eine Probe dar, welche, wenn auch mit der Quarzprobe nicht identisch zu setzen, doch im Vergleich zur unmittelbar vorhergehenden, derselben entschieden ähnlicher erscheint. In den Fällen, wo man es mit unreineren Sandsteinen etc.

---

[1]) Ein bekanntes sehr ausgezeichnetes Vorkommen findet sich in der Landdrostei Lüneburg südlich von Oberohe an der Sothriet im Amte Ebstorf. Ein anderes Lager ist im Grossherzogthum Hessen am Vogelsberge.

[2]) Der Verfasser in Dingler's Journ. Mai 1870.

zu thun hat, charakterisirt sich diese der reinen Kieselsäure so als annähernd gleich bestimmte Probe durch das Verschwinden der Glasurrinde oder des schmelzartigen Ueberzuges, und diese wird als die normale angenommen.

Bezeichnet man ferner die Schwerschmelzbarkeit des Quarzes mit 100 und bringt hiervon den Zusatz resp. dessen Factor (zum Unterschiede von der Art der Thonclassificirung) in Abzug, so ergiebt sich folgende einfache Scala. Ein Sandstein, welcher ein Theil Quarzpulver erfordert, um dem reinen Quarze hinsichtlich seines pyrometrischen Verhaltens in der beschriebenen Weise annähernd gleich zu erscheinen, ist 100—1=99; ein geringerer Sandstein, welcher ebenso den zweifachen Zusatz erfordert, ist 100—2=98 u. s. w.

Das jedesmal nothwendige innigste Mengen geschieht in der früher angegebenen Art, mittelst Durcheinanderreiben in der Achatschale, reichlichem Nassanmachen und völligem Durchkneten, Trocknen und nochmaligem Zerreiben, und man muss selbstredend sonst überhaupt eine grösstmögliche Gleichmässigkeit in der Ausführung beobachten.

In Betreff des anzuwendenden Hitzgrades darf derselbe nicht unter der Schmelzhitze des Schmiedeeisens liegen, ja am geeignetsten ist dessen Schmelzpunkt zu überschreiten bis zur annähernden Platin-Schmelzhitze, doch nicht so weit, dass der chemisch reine Quarz für sich zusammenschmilzt.

Kohlenstoffhaltige Substanzen. — Zu den kohlenstoffhaltigen Zusätzen, welche als gewöhnlich unschmelzbare [1]) und indifferente Körper die Feuerbeständigkeit erhöhen, gehören die Kohlen im engeren Sinne, wovon hier Coks und Holzkohle in Betracht kommen, wie im weiteren Sinne hauptsächlich der chemisch verschiedene Graphit und etwa der Anthracit.

Die Kohle spielt als Zusatzmittel zu einem feuerfesten Thone, beispielsweise für Metall-Schmelztiegel, in mehrfacher Hinsicht eine sehr gewichtige Rolle. Sie verhindert erstens selbst den leisesten Anfang einer Oxydation des Metalles, welches als solches gleichwie die Kohle keine Verbindung mit den Thonbestandtheilen eingeht. Dann aber erhöht die Kohle auch direct die Strengflüssigkeit des Thones, da sie eben als schwerstschmelzbarer Körper, so lange sie in einiger Menge in einem Thongemenge vorhanden ist, letzteres in der überraschendsten Weise vor Schmelzung schützt, was um so mehr der Fall ist, in je unverbrennlicherem Zustande

---

[1]) In dem Strome einer galvanischen Batterie von 5—600 Elementen gelingt es, den Kohlenstoff zu erweichen.

die Kohle[1]), sei es als solche (wie der Graphit), oder durch möglichst hermetische Einbettung im Thone, sich befindet. Durch Kohlenzusatz brennt sich ein Thon lockerer und bei reichlicher Menge mürbe.

Ferner bewirkt der Graphit wegen seiner grösseren Wärmeleitung, dass mit dessen Hülfe angefertigte Gefässe z. B. Tiegel einen raschen Temperaturwechsel gut vertragen und das Metall darin eher schmilzt, und endlich erhalten dadurch die Wandungen eine Glätte, welche bei dem Ausgiessen geschmolzener Metalle sehr zu Statten kommt.

Graphit. — Der Graphit ist eisengrau, glänzend, sehr weich, so dass er stark abfärbt und fühlt sich zwischen den Fingern schlüpfrig an. Seine Textur ist eine strahlig-blättrige bis dichte. Derselbe ist ein guter Leiter der Electricität, leitet auch die Wärme besser als Diamant, verbrennt aber bei Luftzutritt oder in Sauerstoff weit schwieriger, als letzterer.

Der Graphit wird weder durch Mineralsäuren, noch durch Chlor, noch durch alkalische Flüssigkeiten angegriffen, wohl aber seine Beimengungen. Durch Schmelzen mit Salpeter und noch energischer beim Erhitzen mit chromsaurem Kali und $^1/_5$ ihres Volums mittelst Wassers verdünnter Schwefelsäure wird er in höchst fein zertheiltem Zustande leichter in Kohlensäure verwandelt als Diamant.

Auf nassem Wege findet neben dieser Oxydation zu Kohlensäure die Bildung einer eigenthümlichen, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthaltenden Verbindung, der Graphitsäure, statt.

Nach Brodie ist der Graphit nicht als eine allotropische Modification des Kohlenstoffs, sondern vielmehr als ein besonderes Element zu betrachten.

Das specifische Gewicht des vollkommen reinen Graphits ist 2,25—2,26; seine specifische Wärme nach Kopp = 0,174, für Hohofengraphit 0,166.

Vor dem Löthrohr im Glaskolben erhitzt giebt Graphit zuweilen eine ziemliche Menge Wasser. Im Platinlöffel über der Spiritusflamme scheint er sich wenig zu verändern, verliert aber in der Pincette an Volumen und hinterlässt bei anhaltendem Erhitzen Asche. Detonnirt im gepulverten Zustande mit Salpeter im Platinlöffel zum Glühen erhitzt und hinterlässt dann, mit Wasser ausgelaugt, erdige und metallische Beimengungen, vornehmlich Kieselsäure und Eisenoxyd.

---

[1]) Durch sehr heftiges Glühen lässt sich jede Kohle wesentlich unverbrennlicher machen.

Der Graphit[1]) findet sich in krystallinischen Gesteinen, besonders im Gneus, Glimmerschiefer, Feldsteinporphyr, Urkalkstein, auch im Granit und Thonschiefer u. s. w., seltener auf Lagern im Steinkohlengebirge in abgerundeten Massen von strahlig-blättriger bis dichter Textur, oder schiefrig oder säulenförmig abgesondert, zuweilen zu Krystallen des hexagonalen Systems gruppirt, mit lebhaftem wismuthähnlichem Glanze (Ceylon) oder mehr oder weniger erdig und von Eisenoxyd, Kupferoxyd, Schwefelantimon, Titansäure, Thon, Sand etc. verunreinigt.

Auch künstlich bildet sich Graphit bei der Roheisenerzeugung als Gaarschaum, bei der Leuchtgasbereitung als Retortengraphit, und in Sodafabriken u. dgl. m.

Von älteren Vorkommnissen sind besonders Borrowdale und Keswik in Cumberland sowie Passau in Bayern zu erwähnen.

In Borrowdale[2]) findet sich der Graphit auf Gängen im Feldsteinporphyr von ausgezeichneter Reinheit. Die Grube ist nahezu erschöpft.

Bei Cumnock in Ayrshire kommt der Graphit im Steinkohlengebirge vor.

Da der Bleistiftgraphit[3]) von Borrowdale für Schmelztiegel zu theuer kommt, so bezog man in England die Graphittiegel bis vor etwa 25 Jahren aus Deutschland (Passau); seitdem aber grosse Mengen Graphit von der Insel Ceylon nach England importirt werden, verfertigt man die Schmelztiegel im eigenen Lande (Patent Plumbago Crucible-Company zu Battersea bei London).[4])

Zu Hafner- oder Obernzell bei Passau in Bayern[5]) kommt der

---

[1]) Weger, Monographie des Graphites in den Abhandlungen der naturhistorischen Gesellschaft zu Nürnberg 1864, B. 3, S. 167.

[2]) Karsten's Archiv für Mineralogie etc. 2. R. 2, S. 285; Bergwerksfreund 6, S. 127.

[3]) Zu dem Zwecke wird das Graphitmehl mit Thon gemischt, dessen grössere oder geringere Menge die verschiedenen Härte- oder Schwärzegrade giebt.

[4]) Wagner's Jahresb. 8, 381; 10, 357; 11, 460.

[5]) In Deutschland ist dies das wichtigste Graphitvorkommen; er findet sich in den Landgerichten Wegscheid und Passau im Gneuse und in der Nähe der dort sich findenden Porzellanerde. Er kommt daselbst massenhaft vor, doch ist er nur brauchbar, wenn das umgebende Gestein in Thon umgewandelt und in feinen Sand zerfallen ist. Siehe Weiteres von Dechen „Die nutzbaren Mineralien" S. 765. Ferner findet sich Graphit nach derselben Quelle im Grossherzogthum Hessen, im Odenwald, in Nestern dem Quarzschiefer beigemengt, welcher im Glimmerschiefer an verschiedenen Orten auftritt. In Sachsen in gneusartigem Granit an verschiedenen Punkten unfern Pulsnitz und im Glimmerschiefer bei Neustadt etc. Auch giebt es Vorkommen von Graphit in den Regierungsbezirken Breslau und Liegnitz.

Graphit in verwittertem Gneus und Glimmerschiefer vor, hat den Glimmer zum Theil verdrängt und dessen schuppige Form angenommen. Er ist mit den bei Zerstörung des Glimmers zurückgebliebenen erdigen Bestandtheilen oft so stark verunreinigt, dass dieselben die Graphitmasse weit überwiegen. Durch sorgfältiges Schlämmen erhält man ein höchst zartes, mattes, nicht schuppiges Pulver, welches beim Reiben Glanz annimmt und beim Verbrennen nur etwa 5 Procent Rückstand hinterlässt. Je nach der Menge und Beschaffenheit der erdigen Beimengungen und des pulverigen Zustandes des Graphits sind daraus gefertigte Graphittiegel mehr oder minder feuerbeständig. Früher hielten sie bei noch besserem und billigerem Material bis 30 Güsse aus, die minderen Sorten nur 8—10 Güsse. Seitdem man Ceylongraphit zusetzt ist die Qualität besser geworden. Von ausgezeichneter Beschaffenheit aber spärlichem Vorkommen ist der in kleinen eckigen Stücken zu Wunsiedel in Bayern im Urkalkstein sich findende Graphit, welcher erstere ein grosses Lager im Glimmerschiefer bildet. In Bayern wurden 1865 an 785,000 Kil. Graphit producirt.

Diese älteren Vorkommnisse sind bedeutend in den Hintergrund gedrängt, hauptsächlich durch die nachstehenden.

Auf der Insel Ceylon findet sich Graphit in Stücken von der Grösse einer Nuss bis zu mehreren Centimetern Durchmesser im Gneus. Wegen seiner grossblättrigen Beschaffenheit ist er zu Bleistiften nicht verwendbar, eignet sich jedoch ganz vorzüglich zu Schmelztiegeln. Grosse Massen dieses Graphits werden von der gen. Londoner Patent Plumbago Crucible-Compagnie zur Tiegelfabrikation verwendet. Im Jahre 1862 wurden von Ceylon 2,044,750 Kil. Graphit verschifft und davon 1,736,500 Kil. nach England. Im Jahre 1863 hat sich die Production um das $2^1/_2$fache gehoben.

In Sibirien[1]) hat man neuerdings reine, grosse und derbe Massen Graphit, besonders in den Batougal-Bergen Südsibiriens und im Granit der felsigen Ufer des Tunguska (Jenisei-Gouvern.) gefunden, auf welchem Fluss er nach Turuchansk transportirt wird. Als sonstige Fundorte werden noch Sernopol (Semipalatinsk-Distr.) und Siberia angegeben. Nach Ziurek eignet sich der sehr dichte sibirische Graphit mit 5—6 Procent Asche in gleicher Weise wie der Ceylon'sche zu Schmelztiegeln, übertrifft aber den cumberländer und sehr weit den passauer und peczorischen Graphit. Wegen seiner Festigkeit ist er schwer zu reinigen und kostet verhältnissmässig viel Fracht.

[1]) Berg- und Hüttenm.-Zeitung 1860, S. 489; 1861, S. 195; 1862, S. 353. Berggeist 1869, Nr. 94. Dingler's Journ. 179, 162.

Oesterreich-Ungarn besitzt einen grossen Reichthum an z. Th. gesuchten Graphitsorten, so bei Schwarzbach und Mugrau in Böhmen, an mehreren Orten in Mähren, Niederösterreich und Steiermark. Geschätzt wird der Graphit von Krumau in Böhmen [1]), welcher hauptsächlich in krystallinischem Schiefer des Urgebirges sich findet. Von milder Beschaffenheit kommt er theils als Naturgraphit in drei Sorten, theils als Raffinade (geschlämmte Abfälle) in den Handel und zwar jährlich an 2,800,000 Kil.

Der mährische Graphit, z. B. von Petrow, ist hart und schiefrig und muss immer gepocht und geschlämmt werden; jährliche Production an 1,120,000 Kil.

Nach v. Hauer gleicht der niederösterreichische Graphit [2]), z. B. von Lichtenau, in den meisten Sorten dem besten böhmischen Graphit und lässt sich durch Schmelzen mit Soda und Auslaugen mit Wasser und Salzsäure wesentlich reinigen, weniger durch Schlämmen.

Der Graphit von Rottenmann in Obersteiermark, der von hohem Kohlenstoff- und geringem Aschegehalt [3]) ist, wird zur Tiegelfabrikation empfohlen.

Oesterreich-Ungarn producirte im Jahre 1865 an 7,486,600 Kil. Graphit.

Ein sehr guter Graphit wird bei Arragoe de Bareiras, Provinz Minas Geraes in Brasilien, desgleichen zu Ticonderoga im Staate New-York und in Californien [4]) gefunden.

Die grossartigste und wichtigste Lagerstätte ist die „Eureka Black Lead Mine“ bei Sonora, der Hauptstadt von Tuolmune County. Sie liegt an der Westseite des Tennesse Gulch, eines Nebenflusses des Wood's Creek, etwa 68 Meilen von Stockton, dem bedeutendsten Schifffahrtsplatz am San Joaquim River, entfernt. Das Mineral bildet hier einen Gang von 20—30 Fuss Mächtigkeit; sein Liegendes besteht aus Diorit, sein Hangendes aus Thonschiefer. Dasselbe ist so rein, dass es zum grössten Theil in festen Blöcken gebrochen und ohne weitere Behandlung verpackt wird.

Im Jahre 1868 wurden monatlich 20,000 Ctr. gewonnen, ohne dass der Bau in grösstmöglicher Ausdehnung betrieben wäre.

---

[1]) Oesterr. Zeitsch. f. Berg- und Hüttenwesen 1865, Nr. 51; 1866, Nr. 18. Roback, Böhmens Graphit, Prag 1865. Oesterr. Bericht über die Pariser Ausstellung von 1867, Nr. 15, S. 249.

[2]) Berggeist 1866, Nr. 14. Dingler's Journ. 180, 323. Wochenschrift des niederösterr. Gewerbevereins 1866, Nr. 14. Graphit aus Lichtenau im Schemnitzer und Leobener Jahrb. 1867, Bd. 17.

[3]) Dingler's Journ. 199, 115.

[4]) Wagner's Jahresber. 1868, S. 267.

Mène [1]) hat nachstehende **Zusammenstellung** von Graphitanalysen gegeben.

Fundorte.		Spec. Gew.	Flüchtige Bestandtheile.	Kohlenstoff.	Asche.	Bestandtheile der Asche in Proc.				
						Kieselsäure.	Thonerde.	Eisenoxyd.	Kalk, Magnesia.	Alkalien u. Verlust.
Cumberland.	Sehr schöne Probe.	2,346	1,10	91,55	7,35	0,525	0,283	0,120	0,060	0,012
	Gewöhnliche Sorte .	2,238	3,10	80,85	16,05	—	—	—	—	—
	In Stücken aus dem Handel bezogen . .	2,586	2,62	84,38	13,00	0,620	0,250	0,100	0,026	0,004
	Pulverförmig, dito .	2,409	6,10	78,10	15,80	0,585	0,305	0,075	0,035	—
Bayern.	Passau	2,303	7,30	81,08	11,62	0,537	0,356	0,068	0,017	0,022
	Desgleichen	2,311	4,20	73,65	22,15	0,695	0,211	0,055	0,020	0,019
Oesterreich.	Mugrau in Böhmen.	2,120	4,10	91,05	4,85	0,618	0,285	0,080	0,007	0,010
	Desgleichen	2,228	2,85	90,85	6,30	—	—	—	—	—
	Von Hoback in Prag	2,331	2,07	82,68	15,25	—	—	—	—	—
	Schwarzbach in Böh.	2,344	1,05	88,05	10,90	0,620	0,285	0,063	0,015	0,017
	Altstadt in Mähren	2,327	1,17	87,58	11,25	—	—	—	—	—
	Zaptau i. Niederöstr.	2,218	2.20	90,63	7,17	0,550	0,300	0,143	0,000	0,007
Ceylon.	Krystallisirt	2,350	5,10	79,40	15,50	—	—	—	—	—
	Aus d. Handel bez.	2,266	5,20	68,30	26,50	0,503	0,415	0,082	0,000	0,000
Sibirien.	Aus d. Uralgebirge Mont Alibert	2,176	0,72	94,03	5,25	0,642	0,247	0,100	0,008	0.003
Amerika.	Von Ceara in Brasilien	2,387	2,55	77,15	20,30	0,790	0,117	0,078	0,015	—
	Von Buckingham in Canada	2,286	1,82	78,48	19,70	0,650	0,251	0,062	0,005	0,012
	Vom Spencer - Golf in Südaustralien. .	2,370	2,15	25,75	72,10	—	—	—	—	—
	Desgleichen	2,285	3,00	50,80	46,20	0,631	0,285	0,045	—	0,039
Frankreich.	Von Pissie, Hautes Alpes	2,457	3,20	59,67	37,13	0,069	0,687	0,081	0,015	0,009
	Desgleichen	2,328	2,17	72,68	25,15	—	—	—	—	—
	Von Brussin im Rhônedepart.. . . .	2,203	0,28	92,00	7,72	—	—	—	—	—
	Von St. Paule im Rhônedepart. . . .	2,366	0,17	92,50	7,33	—	—	—	—	—
	Desgleichen	2,366	0,14	93,21	6,65	—	—	—	—	—
	Von Baugnesay im Rhônedepart. . . .	2,105	0,13	94,30	5,57	—	—	—	—	—
Schweden.	Von Fargerita . . .	2,109	1,55	87,65	10,80	0,586	0,315	0,072	0,005	0,022
Madagaskar		2,409	5,18	70,69	24,13	0,596	0,596	0,068	0,012	0,006
Hohofen-Graphit.	Von Creusot	2,582	—	90,80	9,20	0,225	0,175	0,375	0,255	0,005
	Desgleichen	2,398	0,30	81,90	17,80	0,425	0,090	0,080	0,405	—
	Von Givors	2,457	—	84,70	15,30	0,559	0,155	0,120	0,155	0,001
	Von Vienne	2,583	0,15	88,30	11,55	—	—	—	—	0,000
	Von Terrenoire. . .	2,431	—	83,50	16,50	0,500	0,160	0,105	0,200	0,035
Gas-Retorten-Graphit.	a. . . .	1,885	0,25	95,25	4,50	0,720	0,243	0,030	0,000	0,007
	b. . . .	1,698	0,10	90,60	9,30	0,648	0,330	0,020	0,000	0,002
Anthracit-Graphit, durch Calciniren von Anthracit erhalten .		1,701	1,15	95,05	3,80	0,703	0,277	0,012	0,003	—

[1]) Dingler's Journ. Bd. 185, S. 373.

Sonstige Graphitanalysen.

	Kohlenstoff.	Kieselsäure.	Thonerde.	Eisenoxyd.	Eisenoxydul.	Kalkerde.	Magnesia.	Kali.	Natron.	Schwefelsäure.	Schwefelkies.
Krumau in Böhmen . .	72,40	8,78	5,73	1,91	1,29	0,05	0,21	1,22	0,3	1,58	3,75
Ebendaher 3 Graphite, welche mir zugesandt worden, fand ich zusammengesetzt [1]:										Wasser und flüchtige Bestandtheile	Schwefel
a. zu Gussstahltiegel in der Fabrik von Krupp bewährt	61,01	17,34	7,80	5,54	—	2,56	1,03	0,87	—	3,24	0,51
b. desgl. nicht bewährt	69,04	14,18	6,86	4,00	—	0,80	0,53	0,91	—	2,89	0,62
c. Raffinade	43,24	25,76	8,13	7,01	4,32	2,40	1,74	1,04	—	6,66	0,00
					Mangan-oxyd-oxydul						
Schwarzbach in Böhmen	87,50	5,1	6,1	1,2	—	0,1	—	—	—	—	—
Hafnerluden in Mähren	43,00	49,2	7,0	0,8	—	—	—	—	—	—	—
Ranzing bei Passau in Bayern	62,00	26,4	25,1	6,5	—	—	—	—	—	—	—
Ceylon	62,80	21,6	9,3	5,4	—	0,2	0,1	Verlust	1,2	—	—

Portugiesischer Graphit enthält nach Knoblauch [2]) bei 100 ° C. getrocknet 42,69 Kohlenstoff, 53,35 unverbrennliche Substanz und 3,96 gebundenes Wasser. Die unverbrennliche Substanz ergab 79,50 Eisenoxyd und Thonerde, 19,14 Kieselsäure und 1,36 Kalkerde.

Reinigung. — Eine Reinigung des Graphits kann sowohl auf mechanischem Wege, durch Schlämmen, als noch vollständiger auf chemischem Wege geschehen.

Einige Graphite lassen sich durch Schlämmen wesentlich verbessern resp. von den Beimengungen ansehnlich befreien, wie das z. B. in Californien im grossen Maassstabe in 6,3 M. weiten und 0,94 M. tiefen Kufen mit Röhrenvorrichtung ausgeführt wird. Der abgeschiedene Graphit wird in eine zweite Kufe abgelassen, hier vollständig unter Zufluss von Wasser gereinigt, in flache Kästen übergeschlämmt resp. übergeschwemmt und an der Sonne getrocknet. [3])

Andere Graphite von Brunn-Taubitz bei Krems in Niederösterreich sind durch Schlämmen nicht besser zu machen. Hier müssen chemische Mittel angewendet werden.

[1]) Dingler's Journ. B. 204, S. 139.
[2]) Dingler's Journ. B. 192, S. 493.
[3]) Gintl's Verfahren, Dingler's Journ. B. 189, S. 234.

Durch blosses Glühen des Graphites in einer Retorte bei Rothglühhitze gehen Eisenoxyd in Metall und schwefelsaure Salze in Schwefelmetalle über, welche sich mittelst Salzsäure ausziehen lassen. Löwe[1]) glüht mit der doppelten Menge kohlensaurem Kalinatron oder Kalihydrat, zieht die gebildeten Alkalisalze, namentlich das kieselsaure Alkali mit kochendem Wasser aus, digerirt den Rückstand mit verdünnter Salpetersäure oder starker Salzsäure, filtrirt, süsst aus und trocknet. Durch dreimalige Wiederholung dieser Operationen erhielt Gottschalk[2]) aus Graphit mit 11 Proc. Asche ein aschefreies Produkt.

Brodie[3]) stellte durch Kochen des Graphites mit Säuren und Schmelzen mit Kalihydrat ein 99,96 Proc. Kohlenstoff enthaltenes Produkt dar.

Winkler[4]) glüht den feingepulverten Graphit mit der gleichen bis doppelten Menge von Soda und Schwefel, kocht die Masse mit Wasser, wäscht aus, behandelt den Rückstand mit verdünnter Salzsäure, wäscht mit Wasser, dann mit Salmiaklösung aus, um das Absetzen des sehr feinen Graphits zu beschleunigen, kocht mit wenig Natronlauge, wäscht aus, trocknet und glüht gelinde.

Schlöffel[5]) erhält ein sehr reines Produkt durch Behandeln des Graphits mit Salzsäure, Aetznatron, Glühen mit Soda und Auswaschen.

Nach Stingl gelingt vollständige Befreiung des Graphits von seinen Aschebestandtheilen nur, wenn man den Graphit sehr fein zerkleinert und die Operationen mit schmelzendem Alkali, Königswasser und Flusssäure wiederholt.

Diese chemischen Operationen zur Reinigung des Graphits sind zur Darstellung von Bleistiftmaterial oder zu medicinischen Zwecken schon länger in Gebrauch, wobei nach dem Verfahren von Brodie ein absolut reines Produkt wie zugleich höchst feines, unfühlbares Pulver gewonnen wird. Jetzt reinigt man auch für Tiegel, so in England wie auch vereinzelt bei uns, den verwendeten Graphit vorher durch Behandeln mit Säure.

Werthbestimmung des Graphits.[6]) — Bisher galt zur Ermittelung

---

[1]) Polytechn. Centralbl. 1855, S. 1404.

[2]) Erdmann's Journ. 95, 326.

[3]) Ann. d. Chem. u. Pharm. 114, 7. Wagner's Jahresber. 11, 275. — In neuerer Zeit ist es Brodie bei Anwendung von Kaliumchlorat, Schwefelsäure und zuletzt Fluornatrium gelungen, absolut reinen Graphit zu gewinnen. Hofmann, Wiener Weltausstellung 1875, S. 256.

[4]) Dingler's Journ. 182, 405.

[5]) Zeitschr. d. k. k. geolog. Reichsanstalt zu Wien 1866, Heft 1, S. 126.

[6]) Der Verfasser, Dingler's Journ. B. 204, S. 139 und erweitert in Folge neuer Graphitanalysen.

des relativen Werthes der mehr oder weniger unreinen Graphite, welche im Gegensatz zu den nahezu reinen, krystallisirten, zur Bleistiftfabrikation dienenden, vornehmlich in der Pyrotechnik Verwendung finden, die Höhe des Kohlenstoffgehaltes fast einzig als entscheidend.

Eine solche Bestimmung hat praktisch in der Regel nur insofern Werth, als der Kohlenstoff den eigentlichen gesuchten Bestandtheil, in diesem für Metall-Schmelztiegel so unersetzlichen Naturprodukte, ausmacht und dessen Menge unter ein bestimmtes Minimum nicht herabsinken darf.

So bilden denn die Werthermittlungen der Graphite die Methoden zur Kohlenstoffbestimmung und zwar hat man dabei den praktischen Gesichtspunkt einer leichten und schnellen Ausführbarkeit (gegenüber der wissenschaftlichen Bestimmungsweise der organischen Analyse oder mittelst Chromsäure etc.) beobachtet.

H. Schwarz [1]) empfiehlt zu dem Zwecke, dass man die abgewogene Menge Graphit mit überschüssigem Bleioxyde in gut bedecktem Tiegel glühe und aus dem erhaltenen Bleiregulus den Gehalt an reinem Graphit berechne. Dieselbe Methode mittelst Bleiglätte findet sich in Dingler's Journ. 216, 45 von Wittstein ausgeführt. Die Bestandtheile ausser dem Kohlenstoff, oder auch letztern zugleich mit in einer einzigen Analyse, bestimmt derselbe durch Schmelzen mit kohlensauren Alkalien unter Zusatz von Alkalihydrat.

Gintl [2]), welcher die nach diesem Verfahren gewonnenen Resultate zu schwankend fand und im Allgemeinen zu hoch, da Eisen und Silicium gleichzeitig reducirend auf das Bleioxyd wirken, auch alles Blei nicht immer zu einem einzigen Regulus zusammenfliesse, hat zwei andere Methoden empfohlen. Er führt den Kohlenstoff der fraglichen Graphitsorten in Kohlensäure über und bestimmt letztere aus dem Verluste entweder direct oder indirect. Im ersten Falle schmilzt Gintl den Graphit in einem abgewogenen Glasröhrchen mit Bleioxyd, im letzten Falle mit Salpeter in einem Tiegel.

Als beste Methode zur Kohlenstoffbestimmung bezeichnet Gintl neuerdings die nach Art der Elementaranalyse.

Stolba [3]), der die einfachste Methode befolgte, verbrennt den Graphit an der Luft, wobei nur die unerlässliche Bedingung zu beobachten ist, dass das Verbrennen bei grösstmöglicher Erhitzung geschehe.

---

[1]) Dingler's Journ. 1864, B. 171, S. 77.
[2]) Dingler's Journ. 1868, B. 189, S. 234.
[3]) Dingler's Journ. 1870, B. 198, S. 213.

„Der fein zertheilte, entwässerte und gewogene Graphit wird in einem Platintiegel der stärksten Hitze einer Bunsen'schen Gaslampe ausgesetzt und der durchbohrte Deckel auf dem geneigten Tiegel so angebracht, dass ein lebhafter Luftzug im Tiegel entsteht. Wird dabei die Oberfläche des Graphits zeitweilig durch Rühren mit einem mässig dicken Platindraht erneuert, so reichen drei bis vier Stunden zur völligen Einäscherung von $^1/_2$ Grm. Graphit hin."

Stolba macht darauf aufmerksam, dass hierbei der Kohlenstoffgehalt um ein Weniges höher ausfällt, als er wirklich ist, weil manche im Graphit enthaltenen Silikate die letzten Wasserantheile nur bei sehr anhaltendem Glühen abtreten und ferner namentlich die schuppigen Graphitsorten Glimmer enthalten, welcher wegen seines Fluorgehaltes beim Glühen etwas Fluorkiesel entwickelt. Nach Gintl ist diese Fehlerquelle nicht unbedeutend, besonders wenn die Graphite kohlensauren Kalk, Schwefeleisen und Eisenoxydhydrat als Aschebestandtheile enthalten, was sehr häufig der Fall ist.

Diese Methode hat, wie schon Stolba sagt, das Angenehme, dass die Mineralstoffe in einer Form zurückbleiben, welche ihre genaue Untersuchung ermöglicht und dieses ist, wie gesagt, sehr wichtig, da die Beschaffenheit der Beimengungen des Kohlenstoffes im Graphit für manche Zwecke die Anwendung des Graphits entscheidet. Mit anderen Worten: die quantitative Bestimmung des Kohlenstoffs oder auch andererseits der Beimengungen ist nicht unbedingt maassgebend, denn es giebt Graphite, die bei einem verhältnissmässig hohen Kohlenstoffgehalte wie eben so geringen Flussmittelgehalt dennoch z. B. zu Gussstahltiegeln unbrauchbar sind.

Worauf es ankommt ist kurz zusammengestellt: entweder die Qualität des Kohlenstoffs oder die der accessorischen Bestandtheile, deren Beziehung untereinander, oder die Qualität beider zusammen.

Die Beschaffenheit der graphitischen Kohle, deren amorphe, erdige oder blätterige Struktur, deren grössere oder geringere wesentlich verschiedene Verbrennlichkeit, spielt eine den Werth bestimmende Rolle. Scheiden doch in der Praxis Farbe und Deckkraft scharf die Graphite in amorphe und blätterige, welche erstere als Färbemittel weit vorzuziehen sind, während letztere, weil dichter, länger dem Feuer widerstehen, die Blättchenstruktur dem Reissen der Tiegel entgegengewirkt und die Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel erhöht.

Nach G. Rose (Pogg. Ann. 148, 497) ist der blätterige Graphit bei Weitem schwieriger verbrennlich, als der dichte (amorphe).

Nach Rammelsberg (Berl. Ber. 6, 187) verbrennen gewisse Graphite auf schmelzendem Salpeter, während andere gar nicht angegriffen werden.

Hinsichtlich der accessorischen Bestandtheile scheint, wie bei den feuerfesten Thonen, aus der chemischen Zusammensetzung der pyrometrische Werth sich berechnen zu lassen resp. das Verhältniss der Thonerde, einmal zu den Flussmitteln und dann zu der Kieselsäure, und hier dürfte namentlich das letztere Verhältniss maassgebend sein — soweit sich aus einer erst beschränkten Anzahl vorliegender Graphitanalysen in Verbindung mit den pyrometrischen Bestimmungen schliessen lässt.

Die Kieselsäure, auf 1 Theil Thonerde bezogen, oder in der Formel die Zahl innerhalb der Klammer, giebt den Maassstab an und zwar in umgekehrter Weise, d. h. die höhere Zahl bedeutet den geringern pyrometrischen Werth. Es erklärt sich dieses entscheidend gefundene Verhältniss aus der beanspruchten Verwendung der Graphite in hohen Temperaturen, entgegengesetzt zu Ziegellehmen, bei denen in geringeren Hitzgraden die grössere Kieselsäuremenge die grössere Schwerschmelzbarkeit bewirkt. Andererseits um die Thonerde mit in Correlation zu setzen, entspricht es den pyrometrischen Ermittlungen am zutreffendsten, die gefundene Thonerde aus der Formel stets in Abzug zu bringen. Gewinnt, wie bei dem Ceyloner Graphit, die Formel dasselbe oder ein ähnliches Aussehen wie bei den feuerfesten Thonen, so tritt auch damit das dortige Gesetz resp. der Feuerfestigkeitsquotient wieder in Geltung.

Selbstredend verlieren bei sehr beträchtlichem Kohlenstoffgehalte oder bei Graphiten, bei denen die Beimengungen verschwindend klein und welche sich den reinen, zu den wichtigsten höheren Zwecken verwendeten Graphiten nähern, die accessorischen Bestandtheile an Bedeutung und tritt die Qualität des Kohlenstoffs um so mehr in den Vordergrund.

Chemische Analyse des Graphits. — Die genaue chemische Analyse gewährt bei gleichartigen Graphiten einen festen Anhalt und sichere Führung; bei ungleichartigen ist auf die Beschaffenheit der Kohle besonders zu achten. In der Praxis begnügt man sich einfach mit der blossen Aschebestimmung, welche bei derselben Graphitsorte einen gewissen Anhalt gewährt.

Wenn die Analyse sowohl bei ein und derselben wie verschiedenen Graphitsorten gleichkommende, sich compensirende Werthe nachweist, so ist als praktisches Kriterium die pyrometrische Bestimmung zu Rathe zu ziehen.

Pyrometrische Bestimmung der Graphite. — Am unverkennbarsten ist das verschiedene pyrometrische Verhalten der Graphite nachzuweisen, wenn man sie mit chemisch reiner Kieselsäure versetzt und zwar in den günstigst ausprobirten Verhältnissen: auf 100 Gewichtstheile Kieselsäure je 20 und 40 Theile des bei 100 ° C. getrockneten Graphits. Die abgewogenen feinstens pulverisirten Gemengtheile werden innigst, erst trocken und dann im breiartigen Zustande, durcheinander gemengt, dann wieder getrocknet und zerrieben, daraus Proben in Gestalt kleiner Cylinder geformt und diese geglüht. Dazu genügt die Gussstahlschmelzhitze, denn bei einem höheren Hitzgrad, in welchem die Proben bereits völlig zusammschmelzen, werden etwaige Unterschiede verwischt.

Analytische und pyrometrische Bestimmung. — Die Ausführung beider Untersuchungen, der analytischen wie pyrometrischen, wenn auch nicht immer beide unbedingt erforderlich sind, empfiehlt sich wegen der schliesslichen stetigen Controle. Eine Uebereinstimmung zwischen dem analytischen und pyrometrischen Resultat bildet die Probe der Richtigkeit, wie ein Nichtübereinstimmen auf einen jedenfalls in der einen oder andern Weise begangenen Beobachtungsfehler schliessen lässt.

Anthracit, Coaks und Holzkohle. — Diese Kohlenarten wendet man, aber in geringerer Menge, statt des Graphits als Versatzmittel für Thon an. Anthracit, hierauf Coaks und noch mehr die Holzkohle sind bedeutend leichter entzündlich und verbrennlich als der Graphit, doch so lange sie, begünstigt durch die Thoneinhüllung, sich unverbrannt erhalten, machen sie den Thon sehr feuerbeständig und wirken namentlich dem Springen entgegen. Man stellt damit Gussstahlschmelztiegel etc. dar. In grösserer Menge zugesetzt, machen sie den Thon porös, weniger fest und specifisch leicht. Die Holzkohle hinterlässt eine mehr alkalihaltige, hingegen Anthracit und Coaks eine erdereiche Asche.

Theer. — Vertheilt sich mit Leichtigkeit gleichmässig im Thon, brennt alsbald heraus und hinterlässt keine kalihaltige Asche, was für poröse feuerfeste Massen beachtenswerth ist. Auch benutzt man ihn zum sogen. Carbonisiren (Dämpfen) von Thonwaaren, wodurch bei ff. Ziegeln, ff. Thon und Schmelztiegeln für metallurgische Zwecke die Feuerbeständigkeit eine Erhöhung erfahren kann. Ferner dient er die Plasticität eines Thones zu vermehren und als Bindemittel.

Wocheinit oder Bauxit. — Dieses natürliche, bis jetzt nur an vereinzelten Punkten aufgefundene Thonerdehydrat, nach seiner ersten Fundstelle bei Baux im südlichen Frankreich von Berthier [1])

[1]) cf. Empfehlung des Bauxit als vorzüglich feuerfestes Material durch Audoin und Gaudin siehe Notizbl. V, S. 446. In den Departements Var und

Bauxit und nach der in der Wochein in Krain Wocheinit genannt, ist, sofern es nicht durch andere Beimengungen, namentlich Eisen, das mit der grössern Thoneredemenge in der Regel auch zunehmend gefunden wird, zu sehr verunreinigt ist, höchst schwerschmelzbar. Der Thonerdegehalt variirt bedeutend je nach Lagerung und Farbe.

Ausserdem kommt der Bauxit bei Feistritz in Oberkrain, bei Belfast und Antrim in Irland, in Calabrien, am Senegal u. a. O. vor.

Die fast eisenfreie, weisse Varietät giebt ein einzig hervorragendes Mittel ab, um durch deren Zusatz den Thonerdegehalt anderer feuerfester Thone und damit die Schwerschmelzbarkeit in beliebig hohem Maasse zu steigern.

In Folge eines grossen Gehaltes an chemisch gebundenem Wasser schwindet das Mineral beim Brennen beträchtlich, was für seine unmittelbare Verwendungsweise beachtenswerth ist.

Die Zusammensetzung des Bauxits geben folgende Analysen:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	
Thonerde	64,6	54,1	44,4	53,0	44,1	56,82	63,16	72,87	
Kieselsäure	7,5	12,0	15,0	7,5	4,7	11,28	4,15	4,25	
Eisenoxyd	2,0	10,4	30,3	24,2	37,2	1,60	23,55	13,49	
Wasser	24,7	21,9	9,7	13,1	12,0	24,20	8,34	8,50	
				1,5 Kalk			0,79	0,78	Alkal.
	98,8	98,4	99,4	99,3	98,0	93,90	99,99	99,89	

1) Weisser Bauxit aus Feistritz.
2) Gelber Bauxit aus Feistritz mit braunen Adern.
3) Rothbrauner Bauxit aus Feistritz.
4) Hellbrauner Bauxit aus Pitten bei Wiener-Neustadt.
5) Dunkelbrauner Bauxit aus Pitten bei Wiener-Neustadt.
6) Hellgrauer Wocheinit aus der Wochein in Krain, analysirt von Prof. Schwarz, siehe Dingler's Journ. B. 198, S. 156.
7) Dunkelroth gefärbter Wocheinit von Lees an der Laibach-Tarviser Bahn.
8) Lichtrother Wocheinit von daselbst.

Die beiden letzteren wurden von Drechsler, siehe Dingler's Journ. B. 203, S. 479 analysirt.

Nr. 1—5 von Guido Schnitzer analysirt, siehe Dingler's Journ. B. 184, S. 329.

Bouches du Rhône erstrecken sich die zahlreichen Lager in einer Länge von 150 Km. von der Umgegend von Tarascon bis Antibes. Einige Lager haben eine Mächtigkeit von 20—30 Metern. Recht schwerschmelzbare Proben von Bauxitziegeln fanden sich auf der Wiener Weltausstellung. cf. der Verfasser in Dingler's Journ. B. 210, S. 109. Siemens verwendet dieselben bei seiner directen Herstellung von Eisen und Stahl in einem rotirenden Ofen. Maschinenbauer 1873, Nr. 23.

In der Regel enthalten die Bauxite noch Spuren von Kalk, Magnesia, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Titansäure und Vanadinsäure.

Magnesiahaltige Zusätze. — Magnesit, Talkschiefer, Speckstein, Serpentin verwendet man als Zusatz zu feuerfestem Thon und benutzt sie auch theils für sich.

So findet in Oesterreich der Magnesit aus den Nordalpen von Oberdorf bei St. Katharein Anwendung zur Fabrikation feuerfester Ziegel und ebenso der Talkschiefer daselbst, welch letzterer auch für sich in den Handel kommt. Dasselbe gilt von dem Talkschiefer von Hofgastein im Salzburgischen und Seifenschiefer von Fohnsdorf aus den Südalpen.

Auf einigen Hütten in Steiermark bedient man sich zur Herstellung der Hohofengestelle, namentlich wenn basische Beschickungen verschmolzen werden, des Serpentinfels, welcher durchschnittlich aus 44 Proc. Kieselsäure, 43 Proc. Magnesia und 13 Proc. Wasser besteht.

Von Schwarz wird ein Vorkommen mit 92,52 Proc. kohlensaurer Magnesia bei Mahrenberg in Steiermark empfohlen. Notizbl. VII, S. 175.

Nach Prof. Schwarz verwendete man in Donawitz bei Leoben zu den Puddelöfen Magnesitziegel, indem man den Magnesit pulvert, mit etwas feuerfesten Thon mischt, Ziegel daraus formt und diese ziemlich scharf brennt. Caron hingegen empfiehlt die jedenfalls rationellere Anfertigung aus reiner Magnesia, die heftigst gebrannt mit einem geringen Theil schwach gebrannter Magnesia versetzt, angefeuchtet und nun in einer Form stark gepresst wird.

Die ähnliche Benutzung des Magnesit zur Darstellung von Magnesiatiegeln folgt im nächsten Kapitel.

Wo es auf hohe Anforderungen in pyrometrischer Hinsicht ankommt, können die genannten Magnesiaverbindungen, wiewohl die Magnesia für sich bei allen bekannten Temperaturen unschmelzbar ist, weder für sich und noch viel weniger als Zusatzmittel sich behaupten.

Snelus schlägt die Magnesia oder eine Mischung davon mit Kalk in Verbindung von etwas Eisenoxyd vor, statt der kieselsäurehaltigen Materialien. Es soll diese Masse als Material für das Innere von Kuppel- und Flammöfen dienen. Der Raum zwischen dieser basischen Bekleidung und dem Ziegelwerk des Ofens wird ausgefüllt mit einer Mischung von Kalk und Coaksstaub (Maschinenbauer 1873, Nr. 24).

Kurze Recapitulation der vorgenannten Aufbesserungsmittel. — Fassen wir die theils beschriebenen, theils nur angedeuteten Wege

einer Nachhülfe der Feuerfestigkeit besonders in den häufiger vorkommenden Fällen, wo, der Bildungsweise der Thone entsprechend, weniger günstigere Verhältnisse obwalten, in wenigen Worten zusammen.

Das erste und natürlichste Mittel ist nicht selten in einer sorgfältigen Sortirung zu suchen, unter aufmerksamer Beachtung der natürlichen Lagerung.

Hat die Prüfung einen Thon oder eine bestimmte Lagerung oder Schicht desselben als gut feuerfest ergeben, so ist mit Strenge darauf zu achten, dass dieselbe so rein wie möglich nach den äussern Kennzeichen, thunlichst frei von sichtbaren Verunreinigungen, stärkerer Färbung, Sand oder sonstigen Beimischungen gewonnen werde. Ein genaues Beachten der geologischen Lagerung und in dieser oft eine augenfällig gekennzeichnete Schichtung oder Sonderung kann in der That Ausserordentliches leisten hinsichtlich der gleichmässigen Güte eines Thons und ist daher eine darauf verwendete grössere Mühe und Sorge nicht genug zu empfehlen. Eine solche Arbeit consequent durchgeführt lohnt sich gewöhnlich überraschend.

Ein zweites wirksames Mittel ist das Verwittern. Namentlich bei den sonst sehr feuerfesten Schieferthonen ist, wie oben beschrieben, ein Aussetzen den Atmosphärilien von ausgezeichneter Wirkung.

Die mehr eisenreichen, besonders schwefelkieshaltigen Thone, zersetzen sich an der Luft; der Regen oder nicht unzweckmässig hinzugeschüttetes Wasser führen Eisensalze fort und es gewinnt der Thon an Reinheit, Plasticität und Gleichmässigkeit. Ferner entstehen Salze durch Doppelzerlegung. Die Bildung der Salze wirkt auflockernd und vorhandene organische Stoffe befördern die Zersetzung. Der Schieferthon wird so eisenfreier, thonreicher und bindender.

Das mehr künstliche, doch nicht unpraktische, nicht allzu schwierig ausführbare und event. recht lohnende Mittel ist das oben bezeichnete Schlämmen. Eine Abscheidung von schwereren und gröberen Theilen, von Eisenverbindungen, Sand, Quarz, restirenden Mineralstoffen ist dadurch am rationellsten und erfolgreichsten zu erzielen.

Aber noch eine andere wichtige Verbesserung wird durch das Schlämmen, abgesehen von einem Auswaschen der feinsten Thontheile für sich, erreicht. Wie analytische Untersuchungen ergeben haben, entführt das Schlämmwasser nach Sommaruga Alkalien und alkalische Erden[1]), wie auch nach Vohl einen Theil Kieselsäure

[1]) Wagner's Jahresber. 1865, S. 436.

in löslicher Form, besonders wenn dem Schlämmen ein Einsumpfen oder die sogen. Faulung (mittelst Jauche und Moorwasser) resp. organische Zersetzungsprocesse vorhergehen.

Ein künstliches und zu umständliches und in der Regel nicht einmal zu seinem Zwecke führendes Mittel ist ein Behandeln des Thones mit Säure, um einzelne der accessorischen Bestandtheile, wie Eisen, Kalk und Magnesia aus einem Thone zu entfernen. — Trotzdem auf solche Extractionen selbst Patente genommen sind, so hat doch die bezeichnete Verbesserungsweise durchaus keine weitere Verbreitung gefunden. Abgesehen von der schwierigen und auch kostspieligen Durchführung solcher Operationen mit grossen Massen wird stets mit den Flussmitteln auch von der werthvollen Thonerde mit fortgeführt, so dass, was auf der einen Seite gewonnen wird, zum Theil wenigstens andererseits verloren geht. Ja es giebt, und nicht eben selten Fälle, in denen die Säureextraction geradezu das Gegentheil fertig bringt.

Ein letzter Weg zur Verbesserung, abgesehen von der genügenden sorgfältigsten Vorbereitung, Zubereitung und Durcharbeitung des Thones bietet sich schliesslich für die feuerfeste Thonmasse, noch dar in der richtigen und geeigneten Auswahl der Zusatzmittel, sei es in den Magerungsmitteln: Charmotte in verschiedener Form oder Quarz wie auch den einen bestimmten Zweck erfüllenden, dem Graphit und in dessen Ersatz, der Kohle und den Coaks, Wocheinit etc.

Ausser der richtigen substantiellen Wahl sind denn endlich die mehr physikalischen Verhältnisse von der nächstwichtigsten Bedeutung.

Es handelt sich entscheidend um die Korngrössen des Zusatzes, deren vermittelndes Verhältniss untereinander, sei es unter den Materialien derselben oder auch verschiedener Art, wodurch oft eine Ausgleichung zwischen Schwinden und Ausdehnung und damit eine grosse Festigkeit oder selbst Dichtigkeit zu erzielen, wie eine Spannung durch lokal verschiedene Temperatureinflüsse bedingt, zu überwinden ist.

Fünftes Kapitel.

Anwendung des Thones.

Allgemeine Bedingungen.

Pyrometrische oder chemische Bedingungen. — Für jedes feuerfeste Fabrikat ist bei seiner Herstellung als Grundbedingung festzuhalten, dass das zu verwendende Material, mindestens das hauptsächlich verwendete, an sich pyrometrisch tauglich, d. h. ausreichend schwerschmelzbar sei, oder, besteht es aus einer Mischung verschiedener Materialien, dass dieselben als Ganzes der pyrometrischen Probe genügen.

Einer Täuschung darf in dieser Hinsicht kein Fabrikant sich hingeben, denn wozu nützt alles anderweitige Künsteln, wenn das betreffende Produkt dem bestimmt verlangten Hitzgrade nicht zu widerstehen vermag, wenn es darin zusammenschmilzt, statt sich hinreichend lange zu erhalten. In rein pyrometrischen Fragen [1]), sofern man sich nicht mit dem Zusatze mehr schwerschmelzbarer Materialien hilft, vermag die Kunst meist nur wenig auszurichten.

Physikalische oder mechanische Bedingungen. — Sofort tritt indessen an den Praktiker, der ja nur in seltenen Fällen das Material als solches allein verwendet, als zweite Frage die mechanische heran, welche sich damit beschäftigt, das oder die betreffenden Materialien in der zweckentsprechendsten Weise zu einem geschlossenen Ganzen zu verbinden resp. dem Fabrikate die genügende Formbarkeit, Festigkeit, Dichtigkeit, jedoch unbeschadet einer gewissen Elasticität und überhaupt Haltbarkeit, und zwar vornehmlich letztere Eigenschaft ausser und noch mehr auch im Feuer zu geben, wobei nicht bloss die Korngrössen des Zusatzes, deren Verhältnisse und Gruppirung, sondern auch deren physikali-

---

[1]) Es gehört dahin auch zum Theil die Widerstandsfähigkeit gegen die Berührungsmittel im Feuer.

sches Verhalten an sich wie beim Glühen eine gewichtige Rolle spielen.

Es handelt sich um die bestimmte, nothwendige Cohäsion oder den gegenseitigen inneren wie äusseren, geschlossenen Zusammenhang, ja die möglichste Continuität des Gefüges, und zwar dass die genannten Eigenschaften vorerst nach dem Brennen genügend tadellos oder günstig sind und dann sich auch ebenso längere Zeit erhalten.

Wie einerseits die pyrometrische Widerstandsfähigkeit das unerlässliche chemische Grunderforderniss ist, so ist die mechanische Haltbarkeit, und zwar in umfassendem Sinne[1]), die nothwendige physikalische Bedingung, ohne deren glückliche Erreichung auch das beste feuerfeste Material nicht zu benutzen ist oder bei verfehltem mechanischen Zusammenhalt oder mangelhafter Zusammensetzung seinem Untergange doch mehr oder weniger rasch entgegen geht.

Die Theorie oder Praxis, die Wissenschaft und die Erfahrung des Empyrikers oder sogenannte praktische Materialkenntniss — diese zwei kämpfenden Principien müssen in diesem Punkte in die innigste Verbindung treten, ja sie sollen mit Glück in einander greifen, sich gegenseitig ergänzen, und dürfen einander gewiss nicht feindselig gegenüber stehen; denn was hilft es dem fortschreitenden Theoretiker, wenn er auch die beste Zusammensetzungsweise und selbst das allerschwerstschmelzbare Material nachweist, wenn nicht die Praxis ihren entgegenkommenden und damit einen fortschrittlich gedeihlichen Dienst leistet. Auch die vollendetste Theorie gewinnt durch die Möglichkeit der Ausführung erst Leben, wird nutzbringend und erfolgreich.

Die pyrometrische Frage ist in der Regel durch einen oder wenige Versuche zu entscheiden; die physikalische Aufgabe dagegen verlangt die Beantwortung einer Reihe von Fragen und setzt insofern eine weit umfassendere und tiefergehende Kenntniss des Materials voraus und ist desshalb auf sie auch wohl in erster Linie und nicht selten in polemisirender Weise verwiesen worden.

Oekonomische Bedingungen. — Nachfolgend hat sich die ökonomische Seite anzuschliessen, welche eine ganze Reihe von Momenten umfasst.

Es handelt sich dabei nicht allein darum, wie man am vortheilhaftesten oder am rationellsten und billigsten fabricirt,

---

1) Hierhin ist die Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel und event. Undurchdringlichkeit gegen geschmolzene Materialien wie Gase zu rechnen; ferner die Eigenschaft, ein schlechter, bald auch ein guter Wärmeleiter zu sein.

ohne Unterlassungsfehler und dass man sich nicht verführen lässt, mehr Werth auf ein billiges[1]) als auf ein gutes Fabrikat zu legen. Von Bedeutung ist, wie man die grossen Massen mit geringstem Zeit- und Geldaufwand mittelst Elevatoren, Aufzüge, Schienennetze bewältigt, jedenfalls unnützen Hin- und Hertransport vermeidet und nach bestimmtem System das Ineinandergreifen der verschiedenen Operationen sich zum Ziele setzt; ferner, wie man die gegebenen Verhältnisse in nächster und gelegenster Nähe ausnutzt, beherrscht und überwacht, sich unabhängig macht von Zufälligkeiten oder unkontrolirbaren Umständen und zuweilen rein äussere Dinge zu wesentlichen, eine Concurrenz ausschliessenden macht.

Erinnern wir uns dabei, dass die Praxis nicht das absolut Beste bedingungslos sucht, sondern das Gute, insofern es für sie am billigsten und am leichtesten erreichbar ist.

Ein ökonomisches Ziel, das vorkommt und darauf hinaus geht, an Bearbeitung, dem Homogenisiren oder innigem Mischen u. s. w. der Materialien zu sparen oder rücksichtslos im Minimum der Zeit das Maximum der Produktion zu erreichen, ist nur mehr oder weniger auf Kosten des Fabrikats zu erreichen.

In der Fabrikation feuerfester Erzeugnisse ist das Sprichwort „Eins passt nicht für Alle“ durchaus nicht zu übersehen, wo der Grundsatz obenan steht und zu beachten ist, dass das feuerfeste Fabrikat dem bestimmten Zwecke jedes Mal angepasst werden muss.

Eine umsichtige Fabrikation wird alsdann das Wohl der Arbeiter mit den zweckdienlichsten Einrichtungen für die Arbeit selbst verbinden durch Herstellung recht luftiger, lichtvoller, auch kühler resp. so weit das angeht, abgesonderter Räume, um namentlich das gesundheitswidrige, oft so fatale Stauben in den Thonfabriken zu vermeiden.

So hat denn jede Fabrikation, und namentlich die der gewöhnlichen feuerfesten Ziegel, die drei genannten bedingenden Gesichtspunkte zu Rathe zu ziehen, und je mehr eine solche alle drei zugleich im innigsten Zusammenhange zu erfüllen weiss, um so Besseres wird sie leisten, um so concurrenzfähiger ist sie. Dazu kommt, dass die Industrie der feuerfesten Thone gleich der Thon-Industrie überhaupt in der Regel mehr als ein Hülfsmittel zur Verfügung hat, indem sie sich verschiedener, compensirender Stoffe zugleich bedienen kann. Bei recht hohen Anforderungen, oder wo Alles auf die Zuverlässigkeit ankommt, wie z. B. in Glashütten oder bei Stahlschmelztiegeln u. s. w. sind die

---

[1]) Billigkeit darf nicht Mangelhaftigkeit sein.

beiden ersten Gesichtspunkte in den Vordergrund zu stellen und tritt alsdann der dritte, besonders soweit es sich um billigste Materialien handelt, als nicht bestimmend zurück.

Herstellung der Masse. — Mit Ausnahme, wie schon gesagt, der Schieferthone, einiger Rohkaoline und sandhaltiger Thone, oder bei dem Pressen, des trocknen Thonpulvers, können die Thone nach dem Feinmahlen unter innigem Zusammenkneten mit Wasser nicht sofort verarbeitet werden, sondern es bedarf, wie schon erwähnt, eines Zusatzes von Magerungsmitteln, um dem Schwinden entgegen zu wirken oder die Haltbarkeit im Feuer zu vermehren [1]) und auch ihre Feuerbeständigkeit zu erhöhen.

Sowohl je nach Beschaffenheit des Rohthones als nach der Art des anzufertigenden Gegenstandes ist das Verhältniss zwischen frischem Thon und Zusatz, sowie die grössere oder geringere Zerkleinerung des letzteren verschieden.

Mit der Fettigkeit des Thones pflegt die Menge des Magerungsmittels zuzunehmen sowie dessen Korngrösse mit der Grösse des darzustellenden Gegenstandes. Den im gebrannten Zustande zu verwendenden Thon (Charmotte) muss man, wie wir bereits oben gesehen, durch anhaltendes und genügend starkes, doch nicht übertriebenes Brennen auf sein möglichst unveränderliches Volumen bringen, damit er in den fertigen Fabrikaten nicht oder höchst wenig schwindet.

Bei dem zuerst trockenen Mengen des Thonmehles nach dem ermittelten und festgestellten Verhältniss mittelst Handeimern [2]) und Durchschaufeln mit den Zusätzen, etwa in einem viereckigen Kasten von 15 Cubikdecimeter Inhalt, setzt man meist nur so viel Wasser zu, als für das Formen der Gegenstände und deren Haltbarkeit beim Trocknen unbedingt nöthig ist. Dadurch wird allerdings das Trocknen der Produkte erleichtert, indem es minder grosser Räume und kürzere Zeit zum Trocknen und weniger Arbeitskraft [3]) bedarf, jedoch ist nicht zu übersehen, dass ein gewisser

---

[1]) Gegen Temperaturwechsel unempfindliche Masse erhält man, wenn man dieselbe recht mager, recht grobkörnig, recht porös und, wie Aron sagt, von Anbeginn recht rissig herstellt (Notizbl. X, 157), so dass eine durch eine Temperaturerhöhung an einer beschränkten Stelle entstehende Spannung sich nicht der ganzen Masse mittheilt, sondern an dem nächsten Haarrisse ihre Begränzung findet.

[2]) Ein solches Abmessen nach Raumtheilen zieht der Grossbetrieb wegen der raschern und leichtern Handhabung vor, doch verdient das genauere Abwiegen der stets gleich lufttrockenen Materialien den Vorzug und ist dem Maasse zu Grunde zu legen.

[3]) Ein mehr weiches Fabrikat ist vorsichtiger zu behandeln und muss öfter durch die Hände gehen. Nach Chamberlain (Notizbl. X, S. 31) erfordert ein nur erdfeuchtes Material weniger mechanische Kraft zu seiner Durcharbeitung.

aber stets gleichmässig durchdringender Wasserzusatz resp. ein Annähern an einen weichen, breiartigen Zustand das innige Durchmengen ganz wesentlich befördert und erleichtert und auch meist die Fabrikate dann dichter werden. Diese subtile Aufgabe des richtigen und gleichmässigen Wasserzusatzes ist im Allgemeinen als ein noch recht wunder Fleck in vielen Fabriken zu bezeichnen.

Je nachdem man den einen oder andern der bezeichneten, bald hinderlichen, bald förderlichen Gesichtspunkte in den Vordergrund stellt, wird der einsichtige Fabrikant seine Masse bald trockner, bald nasser herstellen. Als Norm kann gelten, dass die zu formende Masse, abgesehen vom trocknen oder halbtrocknen Wege, von der Consistenz des Brotteiges sei.

Auf die noch meist nicht genug beachtete Aufgabe der Herstellung einer dichten, körperhaften, konsistenten Masse mittelst der Verarbeitung kommen wir noch weiter unten zu sprechen.

Aufbewahrung der Materialien. — Alle gehörig zerkleinerten Materialien, wofern sie nicht gleich verarbeitet werden, nämlich die verschienen Sorten Thonmehl, die Charmotte und der Quarz in verschiedenen Korngrössen u. s. w. müssen sorgfältig separat gehalten und magazinirt werden. Die Vorrathsmagazine müssen sich in unmittelbarer Nähe der Zerkleinerungs- und Mischungslocalitäten befinden, müssen gegen Wind und Wetter geschützt und mit einem harten Holzboden versehen sein, auf welchem die verschiedenen Mehle u. s. w. in ihren besonderen Abtheilungen aufgeschüttet werden.

Vermengen der Masse durch Treten und Schlagen. — Das Vermengen des mit Wasser befeuchteten Thones mit dem Versatze geschieht in folgender Weise:

Man breitet die Ingredienzien auf eine gedielte Fläche oder in länglichen Kästen in Lagen übereinander aus, schaufelt gehörig um, befeuchtet das Gemenge gleichmässig mit Wasser, arbeitet dasselbe wiederholt durch, lässt die entstandenen Klumpen sich wenigstens einige Stunden, auch wohl 1—2 Tage setzen und tritt sie so lange mit den blossen Füssen — was noch heute für die zweckdienlichste und durch Maschinen nicht völlig ersetzbare Operation gehalten wird, doch ist dabei nicht zu übersehen, dass bei Mischungen durch Menschenkraft die Innigkeit auf Kosten der Dichtigkeit erreicht wird oder umgekehrt — durch, bis sie gleich weich und gleichmässig feucht erscheint, ohne kleben zu bleiben, und hinreichend homogen geworden, was man daran erkennt, dass die Masse keine der oben angegebenen Ungleichheiten zeigt, sowie sämmtliche gröbere Theile von Thonmasse gleichmässig eingehüllt oder umgeben sind. Nach dem Treten theilt man die Masse in

Klumpen von 5—6 Kilogramm und wirft dieselben mit aller Gewalt gegen den Boden, so dass der folgende immer die Ränder des vorhergehenden breit gewordenen Klumpens bedeckt, tritt abermals durch, schlägt sie dann auf einen massiven Tisch mit eisernen oder hölzernen Schlägeln eine gewisse Zeit durch und tradet abermals, worauf sie in Klumpen getheilt und an einem feuchten Ort, auch mit feuchten Tüchern überkleidet, aufbewahrt wird, um sie, noch weiter gehend, durch Faulen, eine event. ebenso unerlässliche als wirksame Operation, noch zu verbessern. Durch das anhaltende Durchschlagen erhält man eine dichtere, weniger schwindende Masse, welche sich in der Regel in der Hand ballen lassen muss, ohne auseinander zu fallen.

Die wiederholten Manipulationen wie das Faulen finden behufs Anfertigung dichter Geräthe, wie Glashäfen, Zinkdestillirgefässe, Tiegel u. s. w. statt.

Vermengen durch Kneten in Knetmaschinen. — Man macht, wie vorhin angegeben, auf einer glatten Fläche ein trocknes Gemenge von dem rohen Thon und dem Zusatz, feuchtet dasselbe oberflächlich mit Wasser an, lässt es einige Stunden stehen, bis das Wasser den Thon gehörig durchzogen hat und hierauf durch die oben beschriebene Knetmaschine (Thonschneider) gehen, indem man zur Erleichterung der Maschine dem Gewichte nach etwa noch 18—20 Procent hinzugefügt. Uebergiebt man ohne weiteren Wasserzusatz die Masse dem Thonschneider, so wird ein um so dichteres Produkt erhalten. Für Garnkirksteine sowie auf belgischen Hütten für Stein- und Destillirröhrenthon wendet man eine Knetmaschine an. Durch wiederholtes Schlagen mit Holzbläueln wird, je steifer man die Masse verarbeitet, deren Dichtigkeit und feste Consistenz um so mehr erhöht, wogegen sonst namentlich bei grossen dünnwandigen Gegenständen (z. B. Muffeln der Zinköfen) während des Trocknens leicht feine Risse entstehen, welche sich im Feuer erweitern.

Das Faulen. — Ausgehend von dem Satze Türrschmiedt's, „dass es immer praktisch (jedenfalls sicherer) ist, die Grenzen, welche die Bearbeitung des Materials fordert, zu überschreiten, als sich auf das Genaueste in ihnen zu beschränken“ führe ich hier das Fermentiren des Thones oder „Faulen“ oder „Mauken“ desselben an als Mittel zur Thonmassebereitung, dessen endgültiger Wirksamkeit, namentlich in der Porzellanfabrikation, Ausserordentliches zugeschrieben wird.

Der Töpfer lässt den Thon in grösseren Ballen, damit dieselben nicht austrocknen können, Wochen, zuweilen Jahre lang im feuchten Keller zum Faulen liegen. Durch das Faulen wird der Thon er-

fahrungsmässig leichter verarbeitbar, plastischer, auch feuerfester und liefert Produkte, die sich unter sonst gleichen Umständen beim Brennen um so günstiger verhalten, je länger die feuchte Masse gelagert hat.

Die Veränderungen, welche beim Faulen der Masse vorgehen, sind wissenschaftlich noch nicht genügend erklärt.

In Betreff der Porzellanmasse weiss man, dass sie ungefähr nach drei Monaten im Innern grau, später schwarz wird und sich ein Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelt. Diese Erscheinungen treten um so rascher ein, je weniger rein das Wasser an organischen Substanzen war, daher man zur Beförderung Jauche oder Moorwasser zuschüttet, und je feiner die Masse. Mit destillirtem Wasser und bei trockener Masse lassen sich diese Beobachtungen nicht machen. Die Färbung fängt erst tiefer unter der Oberfläche an und wird intensiver in grösserer Tiefe. Mit Luft in Berührung schwindet nach einigen Stunden die Färbung, es bildet sich Kohlensäure, und wenn man die Masse auswäscht enthält das Wasser nach Beobachtungen von Salvétat schwefelsaures Eisen in Lösung.

Der Schwefelwasserstoff entsteht durch die Einwirkung organischer Materie auf den in der Masse enthaltenen schwefelsauren Kalk, der dadurch in Schwefelcalcium verwandelt wird. Bei Berührung mit der Kohlensäure der Luft wird dieses unter Bildung von Schwefelwasserstoff zersetzt. Salvétat erklärt auch daraus den Umstand, dass die abgefaulten Massen plastischer werden, indem er darauf aufmerksam macht, dass in gewissen Gegenden durch Einwirkung des schwefelsauren Kalkes auf die organischen Materien sich beträchtliche Mengen von Schwefelwasserstoffgas bilden, wodurch z. B. die Schwefelwässer von Aix in Savoyen entstehen und zugleich eine schleimige Materie.

Brongniart schreibt das Schwarzwerden der durch Zersetzung der organischen Theile in Wasser sich ausscheidenden Kohle zu.

Brongniart verwahrte frische Masse zwei Jahre lang unter Wasser bei Abschluss der Luft und fand, dass sie dadurch nicht verändert wurde. Als er dagegen zwei Theile frische Masse mit einen Theil der Späne, welche beim Abdrehen abfallen, vermischte, erhielt er eine Masse, welche dieselbe Eigenschaften wie gefaulte hatte. Durch den Zusatz der Späne, also einer Masse, welche eine vielfache mechanische Bearbeitung erhalten hatte, war eine künstliche Faulung erreicht worden. Daraus glaubt Brongniart schliessen zu können, dass der wesentliche Einfluss des Faulens auf einer durch die Zersetzung der organischen Substanz bewirkten grössern gegenseitigen Annäherung und mechanischen Vertheilung

der kleinsten Theile der Masse beruhe. v. Sommaruga bestätigt die von Salvêtat beobachtete Zersetzungsweise.

Nach Mène[1]) findet beim Faulen des Thones keine Zersetzung organischer Stoffe statt, sondern es wird noch Wasser von einzelnen Theilen der Thonmasse aufgenommen, wodurch sie plastischer wird.

Da, wo es mit höheren Anforderungen auf die Erreichung höchster Homogenität ankommt, so theils in der Tiegelfabrikation, bei Glashäfen u. s. w. ist, wie gesagt, ein Einsumpfen oder noch besser ein Faulen nicht genug zu empfehlen.

Das Formen. — Das Formen ist eine von der Geschicklichkeit des Arbeiters sehr abhängige Operation. Selbst für den einfachen, regelmässig viereckigen Stein ist eine gewisse Gewandheit erforderlich und um so mehr für Werkstücke von künstlicher und selbst künstlichster Form.

Das Formen geschieht entweder durch Pressen trockener und teigartiger Massen mit der Hand oder auf der Drehscheibe oder mittelst Maschinen in Formen oder durch Ausgiessen der letzteren mit flüssiger Thonmasse.[2])

Beim Formen selbst ist zu unterscheiden: das eigentliche Formen und das Entleeren der Formen.

Das Pressen oder Formen mit der Hand, welches auch ganz aus freier Hand geschieht, findet für die meisten Gegenstände statt, indem die plastische Masse mit mehr oder weniger Kraft in die Formen eingedrückt wird. Als Form dient dabei z. B. bei Steinen ein hölzerner Rahmen von der erforderlichen Grösse und nach Abzug des ermittelten Schwindens, der flach auf einen Tisch gelegt wird. Complicirtere Verhältnisse treten bei dem Formen der Porzellan- und Fayencemasse ein.

Das Formen auf der Drehscheibe wendet man für die meistem keramischen Gegenstände von kreisrundem Querschnitt an und so unter den feuerfesten Fabrikaten für die Tiegel.

Formen mit Maschinen. — Für feuerfeste Werkstücke kommen Maschinen weit seltener in Anwendung. Verwendet man kein nahezu trockenes Thonpulver (Garnkirk), sondern eine weiche Thonmasse, so liefert, wie gesagt, die Maschinenarbeit leicht ein zu dichtes Produkt, welches im Feuer beim Entweichen der Wasserdämpfe dem Reissen ausgesetzt ist. Ferner ist es nicht selten Bedingung, dass die aus den feuerfesten Massen gefertigten

---

[1]) Polytechnisches Centralbl. 1863, S. 1243.

[2]) Rühne unterscheidet beim Formen der gewöhnlichen Ziegel: Handstrich, Handpressung und Maschinenpressung, wovon jede dieser Formmethoden wieder unter sich verschieden je nach dem Grade der Feuchtigkeit oder Steifheit der Masse. Töpfer-Ztg. 1874, Nr. 21.

Gegenstände mit der allergrössten Sorgfalt, wie sie nur Handarbeit zulässt, dargestellt werden müssen, und man gestattet dann wohl den Arbeitern nicht mehr als eine bestimmte Anzahl in der Schicht zu machen, um Nachlässigkeit und Uebereilung zu vermeiden (Zinkdestillirmuffeln). Ausserdem verlangt die Maschinenarbeit eiserne Formen, die stärker ausschleissen und dadurch nach und nach das Fabrikat vergrössern, das Wasser der Masse schlechter auslassen, und kann sie nur bei sehr bedeutendem Absatz mit der so einfachen Handarbeit concurriren.

In Stourbridge wendet, wie erwähnt, keine Fabrik zum Formen, ja selbst zum Kneten nicht, Maschinenarbeit an, obschon man sich derselben bei den verhältnissmässig billigeren Steinkohlen gern bedienen möchte, wenn die Qualität der Produkte nicht darunter litte. Dagegen ist hier anzuführen, dass es rationell geleitete Fabriken feuerfester Materialien giebt, welche direct den aus dem Thonschneider austretenden Thonstrang, wie bei den gewöhnlichen Ziegeln [1]), in Stücke zerschneiden, welche die feuerfesten Steine abgeben.

Das Formen durch Guss, was eine sehr gleichförmige, magere Masse voraussetzt, ist bis jetzt in der Industrie feuerfester Fabrikate nur für Glashäfen, gestützt auf ein Patent, wie weiter unten angegeben, und in neuester Zeit für sogen. feuerfesten Cement in Vorschlag gebracht worden. Eine gegossene Masse schwindet wegen der loseren Textur beim Brennen mehr als eine geformte.

Trocknen der geformten Masse. — Das Austrocknen der demnächst zum Brennen gelangenden Thonwaaren muss vorsichtig geschehen und eine gewisse Zeit haben. Besonders gleichmässig und zuverlässig geschieht das Trocknen in dem Hoffmann'schen Ringofen.

Die Austrocknung findet von der Oberfläche aus statt und muss in einem richtigen Verhältniss zu der capillaren Fortbewegung der Feuchtigkeit aus dem Innern nach der Oberfläche stehen. Es rücken bei richtiger Trocknung in dem Maasse, als das Wasser verschwindet, die festen Theilchen einander näher [2]), jedoch nur bis zu einem gewissen Punkte und tritt so eine Volumenverminderung (Schwinden) ein. Je grösser das Schwinden eines Thones, desto mehr Zeit erfordert das Trocknen. Bei zu schnellem Trocknen gehen die richtigen Verhältnisse zu einer successiven Ausgleichung der Feuchtigkeit verloren und es tritt ein unregelmässiges Schwinden, in Folge dessen ein Rissigwerden des Produktes ein. Die

---

[1]) Unter den Ziegelmaschinen für gewöhnliche Mauerziegel wird in neuester Zeit die als sehr beachtungswerth bezeichnete Ziegelformmaschine von Durand und Marais für Charmottesteine empfohlen. cf. Töpfer-Ztg. 1876, S. 51, und Notizbl. 1876, S. 33.

[2]) cf. Aron u. Seger, die neues Licht verbreitende Arbeit über die Schwindungsverhältnisse.

Schwindekraft wirkt nach allen Richtungen gleich, ist aber ein geformtes Werkstück hier weich und dort steif, so schwindet bekanntlich die weiche Stelle mehr, während die steifere Masse nicht folgt, und findet beim Trocknen ein Reissen statt. Wird — mich anlehnend an Kerl, S. 171, siehe Notizbl. II, 93; IV, 7, 89; V, 41, 44 — die äussere Kruste zu trocken und in Folge dessen zu dicht, so setzt sie dem Austritte des Wassers Hindernisse entgegen, dieses verwandelt sich, wenn die Temperatur hinreichend ist, in Dampf, welcher dann die Hülle durchbricht, den Stein zerreisst oder gänzlich zertrümmert.

Lufttrocknen. — Bekanntlich trocknen die Thonarten an der Luft sehr verschieden, bald rasch und ohne Risse, bald langsam und sehr schwierig und ist nur bei der grössten Vorsicht eine Rissigkeit zu vermeiden. Beim Trocknen an der Luft verliert die Thonmasse den grössten Theil ihres Wassergehaltes. Es bleiben aber immer 12—15 Procent Wasser darin, welche durch künstliche Wärme ausgetrieben werden müssen. Durch Zusatz von Magerungsmitteln wird das leichte Trocknen befördert und bietet daher bei feuerfesten Fabrikaten, wo dies in der Regel in reichem Maasse geschieht, das Trocknen seltener grössere Schwierigkeiten dar.

Künstliches Trocknen. — Maassgebend ist beim künstlichen Trocknen die erforderliche Wärme, die indess am geeignetsten eine so intensive sein muss, dass trotz der starken Ventilation eine sehr merkliche Lufterwärmung stattfindet, so wohlfeil als möglich zu gewinnen und statt directer Feuerung vorhandene, noch ausnutzbare Wärme zu verwenden. In letzterem Falle verwerthet man die Transmissionswärme der Brennöfen oder die erhitzten ausgebrannten Oefen; auch benutzt man den von Dampfmaschinen abgehenden Dampf zum Trocknen, indem derselbe in eisernen Röhren durch die Trockenräume geleitet wird.

Bei den feuerfesten Fabrikaten ist meist die künstliche Trocknung in Gebrauch. Wie Seger — „Theoretische Betrachtungen über das Trocknen in freier Luft und geschlossenen Räumen“ [1]) — in dankenswerther Weise klargelegt hat, consumirt der Trocknungsprocess ein sehr beträchtliches Wärmequantum und geschieht dasselbe, wie es das Material meist verlangt, bei einer wenig hohen Temperatur, so ist die Bewegung grosser Luftmassen nöthig, um die gebildeten Wasserdämpfe zu entfernen.

Zur directen Feuerung bedient man sich gemauerter Oefen, die an verschiedenen Punkten des Trockenraumes aufgestellt werden und deren 6—12 Ctm. weite Abzugsröhren ziemlich bis unters Dach gehen. Die in eine schwache Rothgluth versetzten Oefen

[1]) cf. Notizbl. 1875, S. 299.

saugen die Feuchtigkeit auf und verzehren die Dämpfe von unten, so dass es unten ebenso gut trocknet wie oben.

Ein eigenthümliches Verfahren zum Trocknen der Thonwaaren auf künstlichem Wege soll nach Stöss[1]) in England in der Weise ausgeführt werden, dass man eine Kammer möglichst eng mit den Gegenständen füllt, einige Gefässe voll Wasser in dieselbe bringt, sie vollständig schliesst und von aussen stark erwärmt. Haben die Gegenstände eine ziemlich hohe Temperatur angenommen, so lässt man den gebildeten Wasserdampf austreten und führt schliesslich noch etwas trockene Luft ein, wo dann die Waare selbst beim Trocknen in höherer Temperatur nicht reisst. Der Wasserdampf veranlasst, dass das Innere der Gegenstände ebenfalls eine höhere Temperatur annimmt, ohne dass die Oberfläche trocknen kann.

Für den Zweck des Trocknens in Trockencanälen saugt man wohl heisse Feuerluft (z. B. von dem Dampfkessel, den Brennöfen u. s. w.) durch die Trockenräume mittelst eines Ventilators (Exhaustor's[2]) oder Schornsteins. Auch lässt man die Feuergase von einem ausserhalb gelegenen Herde durch unter dem Fussboden befindliche Züge circuliren, welche mit Platten überdeckt sind. Kommen die Fabrikate unmittelbar darauf zu stehen, so ist ein langsames Vorwärmen stets Bedingung, damit sie nicht gleich zu heiss und rissig werden.

Eine in der Ziegelfabrikation für Verblendsteine sehr empfohlene Trockeneinrichtung von dem Ziegelei-Techniker Rühne findet sich beschrieben Töpfer-Zeitung 1875, S. 81, ferner Notizblatt 1876, S. 19. Es wird dazu abgehender Dampf benutzt, der unter schwere, dampfdichte Eisenplatten geleitet wird.

Zum Schlusse erwähne ich noch eines patentirten, aber noch nicht im Grossen ausgeführten Canal-Trocken-Ofens von Bock, worüber sich im Notizbl. 1876, S. 20 eine kurze Beschreibung findet. Ein im Aeussern ähnlicher, aber im Princip verschiedener Ofen hat sich nach Düberg in Amerika bestens bewährt. Notizbl. 1876, S. 203.

Brennen. — Nach dem Trocknen, welches seinen Abschluss erst im Brennofen erhält, folgt unmittelbar der eigentliche, oft so gewichtige Brennprocess.[3]) Ist das letzte mechanisch gebundene Wasser weggetrieben (das sogenannte Schmauchen bei Ziegeln), dann ist es Aufgabe des Brenners, die Temperatur im Ofen erst allmälig und hierauf stärker zum Abbrennen des an den Steinen niedergeschlagenen

[1]) Dingler's Journ. 174, 463.

[2]) Lipowitz, die Portland-Cement-Fabrikation, 1868, S. 56; Notizbl. 5, S. 25; Töpfer-Ztg. 1870, Nr. 19.

[3]) cf. Rühne über das Brennen von Ziegeln. Töpfer-Ztg. 1874, S. 169.

Russes und endlich so stark wie möglich zu steigern. Den Grad des Fortschreitens des Feuers erkennt man an den Zuglöchern des Gewölbes, an der Intensität der Gluth in denselben, sowie in den Schürlöchern. Zur richtigen Regulirung des Feuers gehört eine sehr grosse Uebung und ein erfahrenes Auge, um die verschiedenen Gluthscheine richtig zu empfinden. Das immer rechtzeitige Wiederaufnehmen des Feuers und dessen gesteigertes Fortschreiten ist das Wesen des Ziegelbrennens. Nur durch starkes Erhitzen und eine damit verbundene chemische Wirkung, welche mit dem Austreiben des Hydratwassers beginnt und schliesslich mit der Bildung von Doppelsilicaten endigt, erlangt der Thon, oder die Gemenge, oder eine sonst ähnliche Masse die Eigenschaft, steinhart oder fest, wie überhaupt brauchbar zu werden.

Es werden daher alle aus Thon angefertigten Gegenstände und die meisten stark gebrannt. Im Allgemeinen je heftiger dieses Brennen ohne grössern Fluss hervorzubringen, besonders für die feuerfesten Steine, und durch und durch Statt hat, um so besser ist es. Eine spätere Veränderung, namentlich in physikalischer Beziehung bei der jedesmaligen Verwendung in einem geringeren Hitzgrade, ist alsdann um so weniger zu befürchten.

Wie bereits oben schon erwähnt, ist das physikalische Verhalten [1]) beim Brennen von Thonmasse ein recht merkwürdiges. Hartes Porzellan, je mehr dem Vollfeuer ausgesetzt, zieht sich um so mehr zusammen und büsst an Volumen bis zum 10. Theil ein, dagegen nimmt dasselbe nicht an specifischem Gewicht zu, sondern ganz auffallend ab.[2]) Aehnliche Beobachtungen wurden von Aron auch für den Schlämmthon gemacht.

---

[1]) Türrschmiedt, specifisches Gewicht der Thonwaaren. Notizblatt VI, S. 206.

[2]) Die Erklärung dieser letzten Erscheinung hat uns Fr. Mohr in seiner 1866 erschienenen Geologie, S. 253 gegeben. „Durch heftiges Glühen geht die Kieselsäure der Thonmasse, die mechanisch beigemengte, an der es fast nie fehlt, in eine andere Form über. Es verwandelt sich bekanntlich die krystallinische Kieselsäure vom specifischen Gewicht 2,6 zu amorpher 2,2 und da die specifischen Gewichte sich umgekehrt wie die Volumina verhalten, so dehnen sich also 22 Volumina Bergkrystall bei der Verwandlung zu 26 amorpher Kieselsäure (oder ca. ein Fünftel) aus.“ Daher wird die Dichtigkeit der Thonmasse im Allgemeinen um so geringer sein, oder dieselbe um so lockerer, je mehr diese geglüht wird, wenn auch als Ganzes genommen ein Zusammenziehen oder eine Schwindung eintritt. Die Thonmasse als Ganzes folgt der Zusammenziehung, wie wir sie als charakteristisch für die Thonerde kennen und in ihren Theilen der ausdehnenden, lockernden, der nie fehlenden beigemengten Kieselsäure. Erstere, früher eintretende Wirkung muss die weit grössere sein, da trotz Compensation sie doch noch bedeutend ist.

Brennöfen.

Brennöfen.[1]) — Die in verschiedenen Ländern und Gegenden gebräuchlichen Brennöfen variiren in ihrer Form sehr, je nach dem erzeugten Hitzgrade und dem Brennmaterial.

Die Verhältnisse in Tiefe, Breite und Höhe des Ofenraumes sind rein praktischer Natur; Landessitte und Gewohnheit erhalten häufig eine Ofenform, welche leicht durch eine zweckmässigere ersetzt werden könnte. Wir finden auf der einen Seite die Construction so, dass sie zur unsinnigen Verschwendung an Brennmaterial führen muss, auf der anderen Seite ist mit bewunderungswürdiger Sorgfalt die Construction so berechnet, dass die Wärme, so weit es irgendwie thunlich ausgenutzt wird. Kleine Oefen sind verhältnissmässig die unvortheilhaftesten. In einem grossen Ofen kann man in Beziehung zum cubischen Inhalt weit mehr Waare brennen. Da selbst unter sehr günstigen Umständen eben so viel Wärme von den Mauern des Ofens absorbirt wird, als zum Brennen der Masse erforderlich ist und wohl eben so viel Wärme unbenutzt entweicht, so ist es sicher, dass man in einem grossen Ofen, der im Verhältniss zu seinem Inhalt weit weniger Mauerwerk erfordert, als ein kleiner Ofen, viel weniger Brennmaterial gebraucht. Eine von vornherein grössere Ofenanlage empfiehlt sich daher aus diesem Grunde.

Gemeinsame Ofentheile. — Gemeinsame Theile der verschiedenen Ofenconstructionen sind:

a. Der Brennraum mit dem Herde von der Gestalt eines Quadrates, Rechteckes, abgestumpften Ovals oder Kreises, nach oben offen oder durch ein Gewölbe geschlossen.

b. Die Feuerung (Feuerkammer), entweder unterhalb des Ofens oder seitlich, bald eine, bald mehrere, bald mit, bald ohne Rost, je nach der Grösse des Ofens und der Beschaffenheit des Brennmaterials. Der Zutritt der Verbrennungsluft geschieht entweder durch die Schürgasse oder in den Aschenfall, der Abzug der Flamme aus dem Feuerraume in den Ofen durch Oeffnungen in der Sohle oder an den Seiten des Ofens oder an beiden Theilen zugleich. Zur Zeit geschieht die Feuerung noch weniger indirect durch Gase, als direct durch festes Brennmaterial, entweder ohne Rost auf Pulten (Holz) oder auf Rosten von verschiedener

[1]) Kerl, Abriss der Thonwaarenindustrie, S. 185, dessen Sachkunde wie hülfreiche Art der Behandlung Türrschmiedt (Notizbl. VI, S. 236) hervorhebt, theils wörtlich entnommen, theils mit Zusätzen, besonders hinsichtlich der neuesten Gasöfen, und einigen der gestellten Aufgabe entsprechenden Aenderungen.

Einrichtung (Stein- und Braunkohlen). Bei der directen Feuerung sind die Schürräume entweder rings um den Ofen symmetrisch vertheilt und die Flamme steigt an den Wänden in die Höhe, oder die Feuergase treten in sternförmige Canäle unter dem Boden und durch Füchse in demselben oder eine Oeffnung in der Mitte ein oder gleichzeitig in der Mitte und an der Peripherie, wobei sie mehr oder weniger hoch im Ofen ausströmen können. Bei einfachen Oefen ziehen die Gase bald nach oben aus, bald nach unten durch Canäle in der Sohle und zwar in letzterem Falle steigen sie entweder an den Wänden auf und sinken vom Gewölbe nach unten oder sie treten in der Mitte ein und ziehen sich an den Wänden herab.

c. Die Abzugsöffnungen für die Feuergase sind bald im Gewölbe, bald seitlich, bald in der Herdsohle befindlich, so dass der Flammenzug entweder gerade auf, horizontal oder rückschlägig stattfindet. Die Feuergase treten entweder ins Freie oder in eine Esse oder werden noch anderweitig benutzt (zum Abdampfen von Thonschlamm, Trocknen der Waare u. s. w.). Gerade in der Ofenconstruction sind in neuerer Zeit sehr wesentliche Fortschritte gemacht worden, welche bestehen:

I. In Ersetzung der alten viereckigen oder oblongen Oefen durch solche, die eine höhere und gleichmässigere Erhitzung zulassen und bei gleicher Capacität geringere Wandflächen haben.

II. In Anwendung des continuirlichen Princips, erst durch Hoffmann wirksam zur Geltung gebracht, und

III. in Einführung der Gasfeuerung, bei der das Brennmaterial vergast und heisse Luft an einem bestimmten Verbrennungspunkt zugeführt wird.

Die Gasfeuerung, mit oder ohne Regenerativvorrichtung, gestattet bei Anwendung eines geringeren und minder dichten Brennstoffes eine rauchlose Verbrennung und eine sichere Leitung der Temperatur, namentlich in grösserem Grade die mehr willkürliche Erzeugung einer reducirenden oder oxydirenden Flamme und einer höheren Temperatur; ferner gleichmässige Vertheilung der Hitze im Arbeitsraum.

Allgemeine Orientirung über die im Poteriefach gebräuchlichen Brennapparate. — Zur Orientirung im Allgemeinen über die einzelnen Systeme, welche als Brennapparate mit Ausnahme der Gasöfen im Poteriefach Anwendung finden, schiebe ich hier die von Seger (cf. Notizbl. VIII, S. 65) in klar übersichtlicher Weise gegebenen Schemata ein, die er durch 4 Skizzen (Taf. II, Fig. 37—40) veranschaulicht.

Seger bezeichnet die in den Ofen eingeführte Verbrennungs-

luft gleichzeitig als den Träger der Wärme; es erscheint daher von grösster Bedeutung, deren Bewegungsrichtungen zu verfolgen und lassen sich dieselben zum Unterscheidungsmerkmal der verschiedenen Ofensysteme machen.

Die Verbrennungsluft darf nicht zu überschüssig, aber auch nicht zu beschränkt sein, wenn man die billigste Ausnutzung des Brennmaterials zum Ziele setzt. Wir müssen aber auch die Zone des Effectes möglichst zu vergrössern suchen. Taf. II, Fig. 37 ist der gewöhnliche viereckige Ziegelofen als Typus für alle Schachtöfen, welche auf der Ofensohle eine Feuerung mit aufsteigender, verticaler Bewegung der Feuerungsgase haben, ohne Schornstein. Bei beschränktem Herde verlangen sie eine sehr ausgedehnte Ofensohle. Fig. 38 der Flammofen (und zwar der Casseler), in dem man dem Zuge einen gewissen Zwang auferlegt. Hierhin gehört der liegende Töpfer- und Steinzeugofen. Nur die Flamme ausserhalb der Objecte wirkt in heftiger, aber local beschränkter und ungleicher Weise. Die Flamme bewegt sich horizontal. Fig. 39, Ofen mit überschlagender Feuerung. Die Flamme bewegt sich erst senkrecht aufwärts, wo sie die grösste Hitze giebt, und dann nach unten. Fig. 40 liegender Ofen, der Ringofen. Idealer Durchschnitt des Ofencanals. Die Feuerluft circulirt hier bald aufsteigend, bald horizontal, bald absteigend unter der Bedingung der regelmässigen Vertheilung des Brandes durch die ganze Ofenhöhe.

Nach Kerl lassen sich, specieller eingehend für dieselben Systeme, folgende hauptsächlichste Ofenconstructionen unterscheiden:

I. Intermittirende Oefen.

Die intermittirenden Oefen kühlen sich nach jedem Brande ab, um von Neuem wieder besetzt zu werden. Sie können sein:

A. Flammöfen.[1]) — Dieselben haben einen mehr oder weniger getrennten Feuer- und Brennraum, die Flamme als das eigentliche Agens umhüllt und umspült die Gegenstände, so dass dieselben gleichmässiger erhitzt werden, und die Leitung der Flamme ist sicherer. Je nach der Richtung des Flammenzuges lassen sich die Oefen in folgende Abtheilungen bringen:

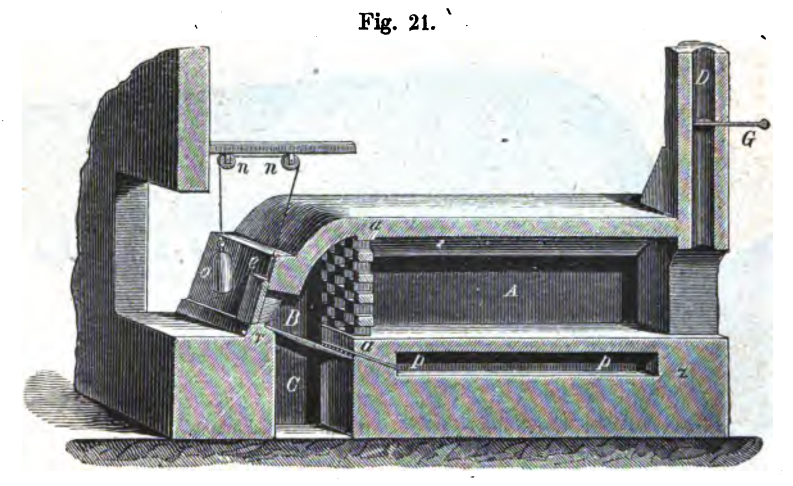
1. Oefen mit horizontalem Flammenzug (liegende Oefen). Die Feuerung befindet sich unter oder vor dem Brennraum und die Flamme zieht über den langgestreckten Herd hin

---

[1]) Die Meiler, bei denen das Zubrennende selbst zum Ofen wird, existiren nicht als Ofenconstruction.

durch einen horizontalen Fuchs in die Esse. Hierher gehören die unter dem Namen „Töpfer- oder Casseler-Oefen“ (Fig. 21) zum Brennen von Ziegeln, Töpferwaaren und Steingut, früher auch selbst von Porzellan angewendeten Apparate, je nach dem Aschengehalt und der sonstigen Beschaffenheit des Brennstoffes mit Rost oder ohne Rost. Dieselben sind besonders da an ihrem Platze, wo die frei zu brennenden Gegenstände mehr neben als über einander aufgestellt werden müssen und die Einwirkung von Flugstaub und Flamme auf die Oberfläche nicht schadet. Die Befeuerung geschieht meist vom Schürloch aus, kann aber auch durch Einstreuen von Brennstoff durch Oeffnungen im Brennraumgewölbe geschehen. Ein Kassler Ziegelofen für Steinkohlenfeuerung hat nachstehende Einrichtung (Fig. 21). A Brennraum, 7,53 M. lang,

Fig. 21.



an der Feuerbrücke a 3,77 M. breit und 3,14 M. hoch, am Fuchs 0,94 M. weit und 1,7 M. hoch, mit einem flachen Gewölbe überspannt. a durchbrochene Wand (Ständer), welche stark glühend wird und dadurch die Verbrennung des Rauches begünstigt, auch durch Hemmung des Zuges ein zu rasches Entweichen der Flamme in den Schornstein verhindert und Flugstaub zurückhält; dieselbe wird zuweilen durch Waare selbst, wenn diese es vertragen kann, oder durch Kalk ersetzt. B Feuerung mit Rosten r, für Steinkohlen 1,1 M., für Braunkohlen 1,57 M. lang; für Holz und Torf muss die Rostfläche vergrössert werden oder man wendet für Holz gar keinen Rost an. e Schürlochsthür aus eisernem Rahmen, der ausgemauert ist. Die Thür hängt an einer eisernen Kette, welche über die Rollen n geht und durch das Gewicht o balancirt wird. D Schornstein, unten 1,1 M., oben 0,63 M. weit und 11 M. hoch,

auch mit Steinkohlen und nur gegen das Ende mit Holz, wo dann bei einem Fassungsraum von 10000 grossen und 14000 kleinen Krügen in einem Brand von 50—60 Stunden Dauer 3000—3500 Kilogr. Steinkohlen und 3—4 Klafter Holz verbraucht werden.

Ein von Pütsch[1]) angegebener Flammofen mit directer Feuerung ist ähnlich dem Casseler. Die Feuerbrücke ist so hoch, dass die Flamme niemals direct das zu brennende Gut treffen kann, um die so gefährlichen Stichflammen zu vermeiden. Im Allgemeinen haben die liegenden Oefen, wie schon angedeutet, die Nachtheile, dass die Fläche der Umwandungen im Vergleich zum Inhalte verhältnissmässig zu gross ist und das Deckgewölbe viel Wärme verschluckt. Ferner, dass die Temperatur eine ungleichmässige ist, indem die von der Feuerung entferntesten Theile am wenigsten erhitzt werden. Man sucht letzterem Uebelstand dadurch entgegen zu wirken, dass man bei Holzbrand die vom Roste entfernteste Waare durch nachträgliches Schüren von der entgegengesetzten Seite her oder durch allmäliges Vorrücken des Brennstoffes stärker erhitzt. Auch lässt man wohl von der Feuerung aus einen bedeckten Canal auf der Ofensohle nach der hinteren Seite des Ofens gehen (Laubmann's Ofen).

Die liegenden Oefen sind wegen ihrer guten Wärmeausnutzung und geringen Kosten in der Poterie dennoch im Allgemeinen vielfach in Gebrauch.

2) Oefen mit verticalem, aufwärts steigendem Flammenzug (stehende Oefen). Die Feuergase dringen entweder seitlich oder durch Oeffnungen der Ofensohle in den Brennraum ein, steigen in verticaler Richtung in den Zwischenräumen der Werkstücke empor und entweichen entweder oben aus dem offenen Ofen (Ziegelofen) oder durch Oeffnungen im Gewölbe der meist geschlossenen Oefen ins Freie (Ziegelöfen, Fayenceöfen) oder in einen Schornstein, z. B. bei Braun- und Steinkohlenfeuerung für Ziegelöfen und bei für höhere Temperaturen bestimmten Oefen (Oefen für feine Fayence, Porzellanöfen, Fig. 23, 24, 28, 29).

Doppelofen zu Sèvres (Fig. 23 und 24). Der Ofen bebesteht aus zwei selbstständig zu heizenden Räumen zum Glattbrennen und einem damit verbundenen Verglühofen. Das Feuer schlägt direct in die Glattbrennräume. Es stellt dar: Fig. 23 eine äussere Ansicht; Fig. 24 einen Verticaldurchschnitt nach der Linie VV' des Grundrisses Fig. 25; Fig. 26 einen Durchschnitt in verschiedenen Höhen, und zwar: A Horizontaldurchschnitt unter dem Ofen zur Darstellung der Abzugscanäle für die Feuchtigkeit;

---

[1]) Notizbl. VII, S. 226.

B Durchschnitt nach der Linie Z Z (Fig. 24); B^1 Durchschnitt nach der Linie Y Y (Fig. 24). Fig. 25: A Durchschnitt nach der Linie X X (Fig. 24), B Durchschnitt nach der Linie U U (Fig. 24). Dieselben Buchstaben bedeuten gleiche Theile in allen Zeichnungen. Gleiche Theile in den beiden über einander liegenden Glattbrennöfen sind mit gleichen Buchstaben bezeichnet. Die der unteren sind durch ^{1}, die der oberen durch ^{2} unterschieden.

$f^1 f^1$ Feuerräume der unteren Feuerungen a^1; die durch die durchbrochene Wand g^1 getheilte Flamme tritt unmittelbar in den unteren Brennraum L^1.

C^1 Aschenräume; e^1 der Raum, wohin beim grossen Feuer des unteren Ofens das Holz gelegt wird; o^1 Oeffnungen, die mit einem Pfropfen von gebranntem Thon verschlossen werden; b^1 untere Oeffnung der Feuerung; a^1 Oeffnungen, die beim Anfeuern offen gehalten werden.

r^1 Gewölbe, welche die Feuerungen des zweiten Ofens tragen.

Fig. 23.

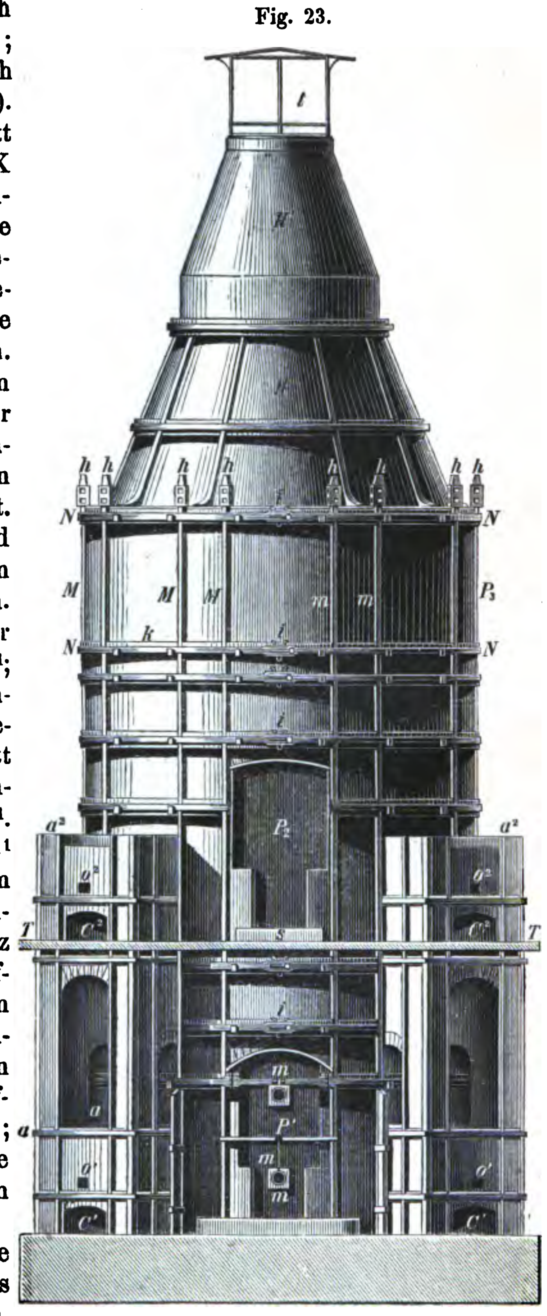
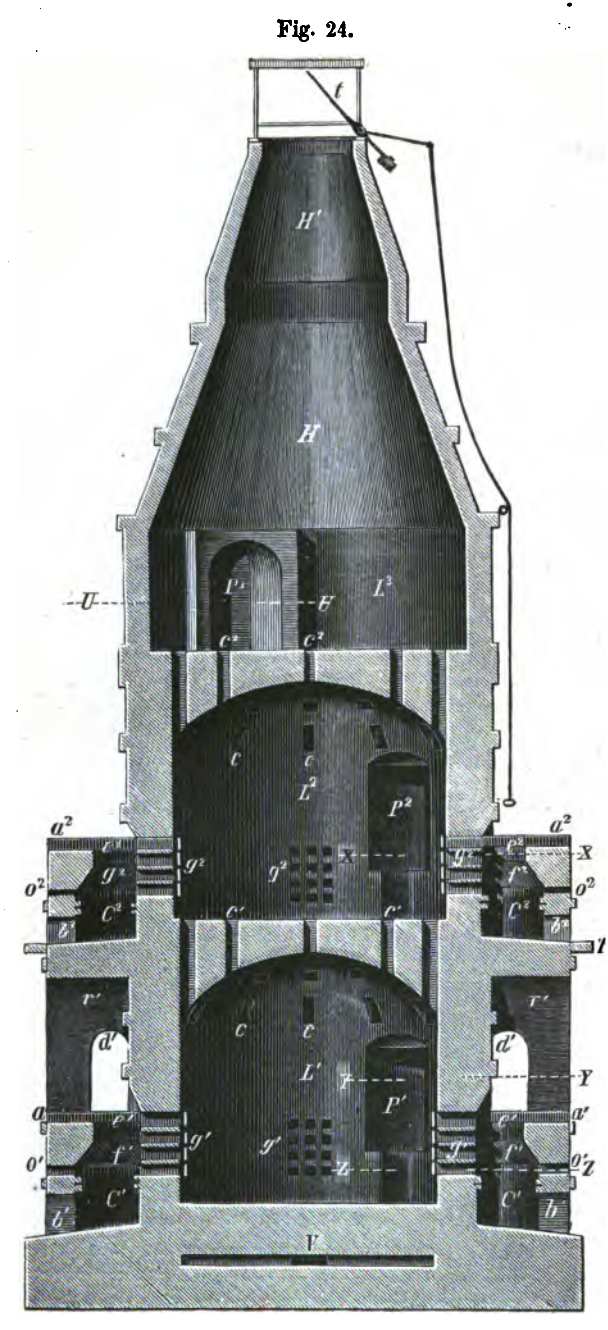


Fig. 24.



T Fussboden der zweiten Etage des Brennhauses, der in gleicher Höhe mit der Schwelle s der Thür P^2 des zweiten Ofens L^2 ist.

t eiserne Klappe zum Verschluss des Schornsteins.

H conischer Raum über dem Verglühofen L^3.

H^1 eigentlicher Schornstein, dem eine conische Gestalt gegeben ist, um ihn, wenn es sich als nöthig herausstellt, ohne grosse Kosten ändern zu können.

L^3 Verglühofen.

M N eiserne Anker und Ringe, welche den Ofen befestigen. Die Ringe sind durch elastische eiserne Klammern i so zusammengehalten, dass sie bei der Ausdehnung des Ofens etwas nachgeben, beim Erkalten der Wände sich aber wieder zusammenziehen.

m Schaulöcher, um den Grad des

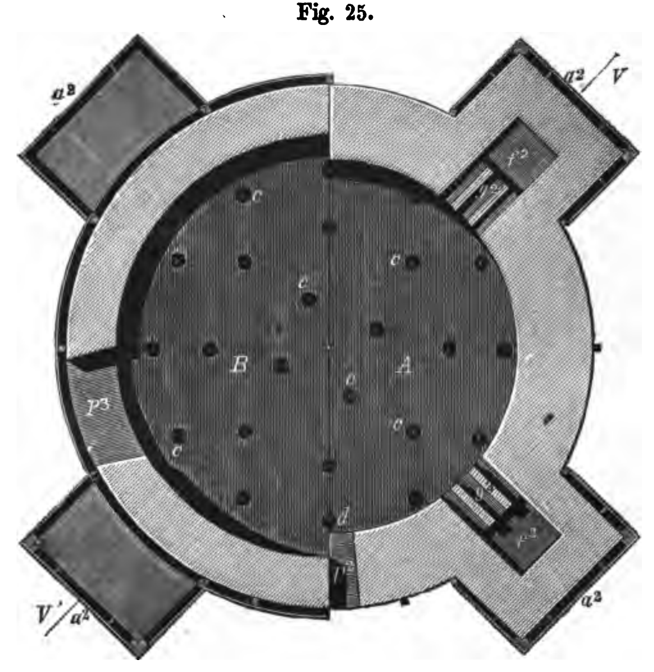
Feuers beurtheilen zu können, zugleich Oeffnung zum Ziehen der Probescherben.

$c^1 c^2$ Canäle, durch die die Hitze aus dem unteren Brennofen L^1 in den oberen L^2 und aus diesem in den Verglühofen L^3 dringt.

V leerer Raum unter dem Ofen, um alle Feuchtigkeit durch die Canäle o, welche in der Halle des Ofens münden, abzuleiten.

Eine der Feuerungen des unteren Ofens ist in Fig. 27 im grösseren Maassstabe gezeichnet. Darin ist

Fig. 25.



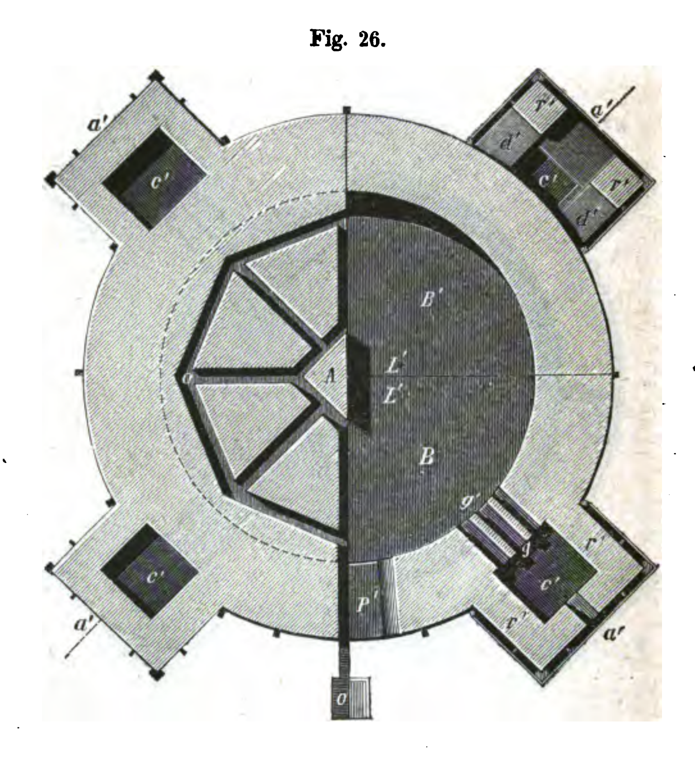
r^1 Durchschnitt des Gewölbes, welches die Feuerung des zweiten Ofens trägt. $d d^1$ überwölbte Oeffnungen zum Eintragen des Brennmaterials. b^1 untere Oeffnung; o^1 Schauloch; g^1 schachbrettartig durchbrochene Wand, welche die Flamme vor ihrem Eintritt in den Ofen zertheilt; e^1 Träger für das Holz.

Der Ofen hat, wie man aus der Zeichnung sieht, vier Feuerräume für jeden der beiden Glattbrennöfen. Das Gewölbe des unteren Ofens L^1 ist mit 25 Canälen c^1 durchbrochen, von denen man nach Bedürfniss eine gewisse Anzahl verschliessen kann. Im Gewölbe des zweiten Ofens L^2 sind ebenso viele Canäle. Nach mehrfachen Beobachtungen hat man es für zweckmässig gefunden,

die Zahl der Canäle im unteren Gewölbe auf 14 zu reduciren, indem man den mittleren Canal und 8 von den äusseren Canälen ganz verschloss und vier der Mittelreihe um die Hälfte verengte. Im oberen Gewölbe wurde nur ein Canal abgesperrt.

Das Einsetzen im unteren Ofen geschieht ganz auf gewöhnliche Weise. Zu den Stössen, welche gerade vor den Feuerungen stehen, werden jedoch nur ausgezeichnet gute Kapseln genommen und diese noch ausserdem durch starke Platten vor der heftigen Einwirkung

Fig. 26.

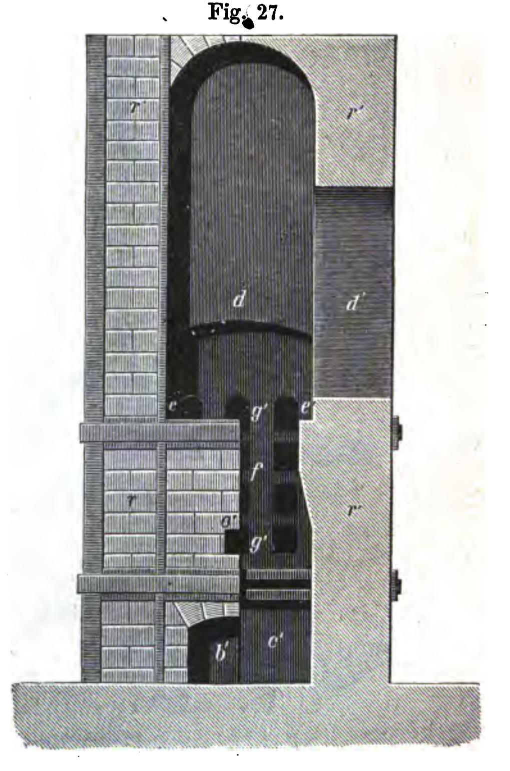


des Feuers und vor der Flugasche geschützt. Die Beschickung des zweiten Ofens macht mehr Umstände, da man hier nicht allein alle die offen gebliebenen Canäle nicht besetzen darf, sondern auch die Kapselstösse in passender Entfernung von diesen Canälen halten muss, um den Zug nicht zu hemmen. Man verliert dadurch etwas Raum und ist verhindert, sehr grosse Stücke zu brennen.

Das rohe zu verglühende Porzellan kommt in den dritten Ofen L^3. Dieser Raum ist nicht überwölbt. Die Geschirre werden darin sämmtlich in Kapseln eingesetzt. Die Stösse reichen nicht weiter als bis zum Anfang des conischen Raumes H.

Nachdem die drei Oefen mit Kapseln gefüllt sind, vermauert man die Thüren P^1P^2 auf gewöhnliche Weise. Die Thür P^3 des Verglühofens wird nur durch eine einfache Reihe von Ziegeln verschlossen, hinter diesen befindet sich eine eiserne Thür, die den dichten Verschluss bewirkt und durch die Ziegel nur vor der Einwirkung der zu starken Hitze geschützt werden soll. In den Thüren und an anderen Stellen des Ofens werden Oeffnungen gelassen, die als Schaulöcher dienen. In diese wird eine conische Metallhülse eingesetzt, welche vorn eine mit starkem Glase verschlossene Oeffnung hat. Diesen Oeffnungen gerade gegenüber stehen die Kapseln mit den Probescherben.

Fig. 27.

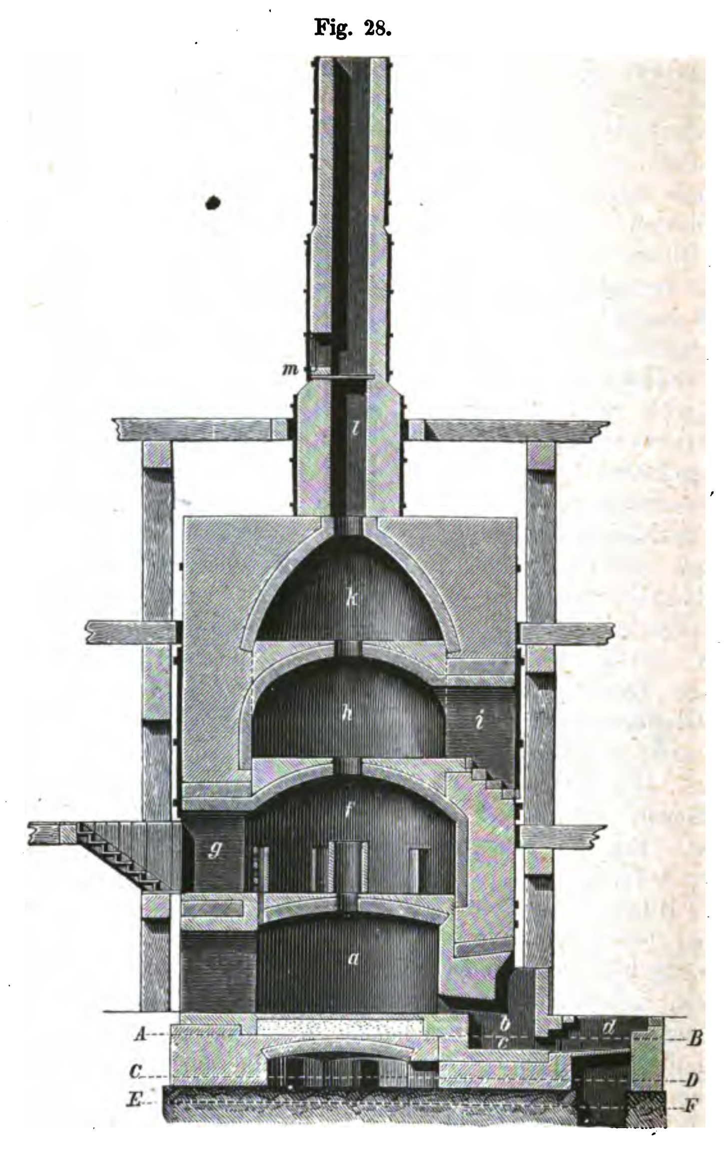


Der bisherige Ofen der Berliner Porzellanmanufactur (Fig. 28) hat niedrige Brennräume, die aus verschiedenen Feuerungen kommende Flamme sammelt sich in einem Gewölbe unter dem Glattbrennofen und dringt in diesen durch mehrere niedrige Essen. Ueber dem Glattbrennofen liegen mehrere Verglühräume. Die Zahl der Feuerungen ist immer unpaar. Fig. 28 senkrechter Aufriss.

Die Hitze in diesen Berliner Oefen ist nach Schubarth bedeutend höher wie die der Oefen zu Sèvres. Die zu letzteren dienenden Steine verwandeln sich darin zu Schlacke; Stabeisen, in eine Kapsel eingesetzt, verschlackt sich unter Verflüchtigung des gebildeten Oxydes. Da die Oefen schon zu den älteren gehören, übergehe ich die nähere Beschreibung. Dieselben Oefen hat man auch mit Steinkohlenfeuerung, welche mit einem Rost und Aschenfall versehen sind. Das Innere der Oefen muss theilweise aus sehr feuerfesten Steinen bestehen, namentlich an den Schürgassen, recht zweckmässig aus Dinassteinen.

Die Oefen für minder hohe Temperaturen, seltener rund als von quadratischem oder oblongem Querschnitt, sind bei ungleicher Wärmevertheilung geräumiger, haben namentlich grössere Höhe und

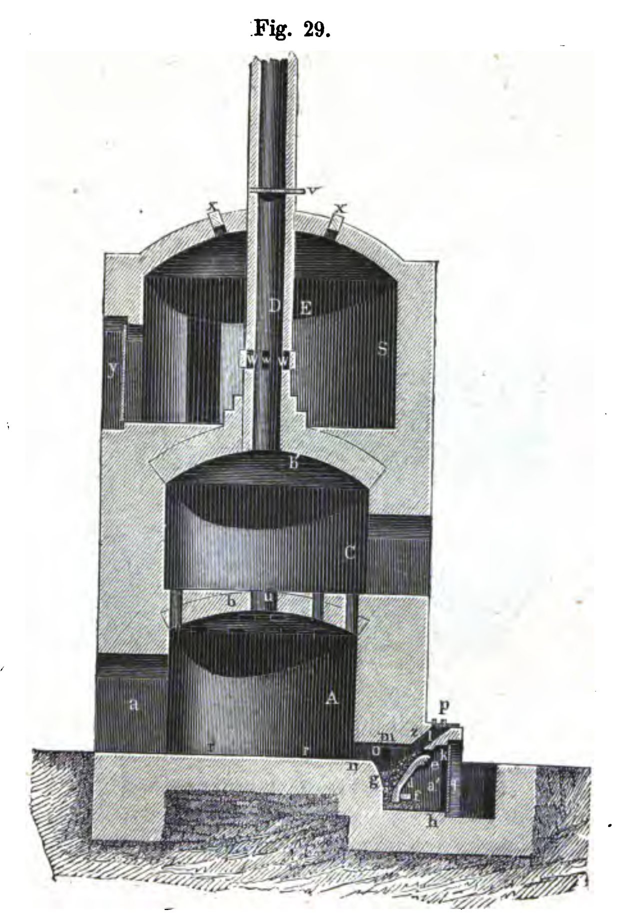
Fig. 28.



eine grössere Anzahl von Zugöffnungen im Gewölbe bei nur einer oder mehreren gegenüber liegenden Feuerungen, während Oefen für höhere Temperaturen (Fayence, Steingut, Porzellan) behufs

Concentration der Hitze eine runde und räumlich beschränkte Form, namentlich geringere Höhe besitzen, so dass das Gewölbe die Wärme gut zurückstrahlen kann, sowie ferner mehrere ringsum symmetrisch vertheilte Feuerungen (Fig. 24, 28), deren Flammen entweder direct in den Ofen treten oder sich in einer Kammer unterhalb der durchlöcherten Sohle vereinigen und durch diese dann in den Ofen

Fig. 29.

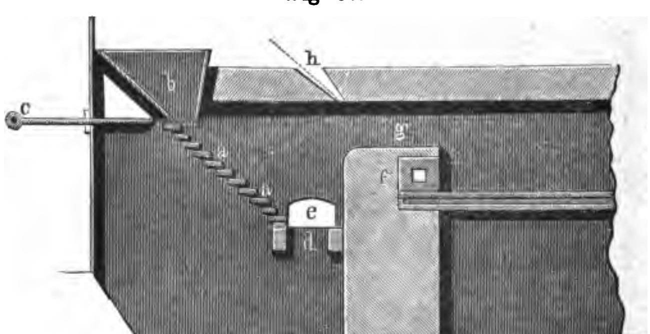


gelangen (Fig. 28). Die Feuergase ziehen entweder, zur Anstauung im Ofen, nur durch eine oder eine geringere Anzahl von Oeffnungen von minderem Querschnitt in den Schornstein oder sie passiren durch Züge im Gewölbe zuvor noch mehrere Räume darüber (Porzellanöfen mit Verglühraum und Hölle, Fig. 24, 28, 29) und entweichen dann zuletzt durch eine geringere Anzahl Füchse. Je nach der Beschaffenheit des Brennmaterials haben die Oefen entweder

keinen Rost (Holz, aschenarmer Torf) und die Brennstoffe verbrennen auf einer soliden Unterlage (Holz und aschenarmer Torf) oder auf einer starke Hitze und rauchlose Flamme gebenden Pultfeuerung, oder die Oefen besitzen bei aschenreicherem oder schwerer verbrennlichem Brennstoff (Torf- Braun- und Steinkohlen) einen Rost (Planrost, Treppenrost, Hängerost, Fig. 29).

Die Planroste haben den Uebelstand, dass viel Unverbranntes durch den Rost fällt und beim seitlichen Schüren immer kalte Luft in den Ofen kommt. Treppenroste gestatten ein fortwährendes Selbstnachschüren der Kohle, so dass dabei keine kalte Luft in den Ofen tritt, dann die Anwendung aschenreichen und feinen Brennmaterials (Torf, Braunkohle, magere Steinkohle) bei vollkommnerer Verbrennung. Ein solcher Treppenrost (Fig. 30), wie derselbe auch an Flammöfen gebräuchlich ist, besteht aus Eisenplatten a, in Zwischenräumen treppenförmig über einander liegend,

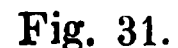
Fig. 30.

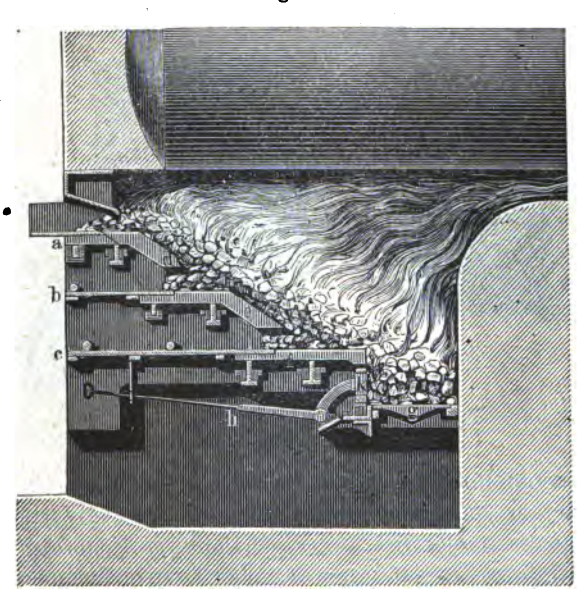


mit einer Neigung von etwa 40°, die aber bei verschiedenen Brennstoffen variirt. b Fülltrichter. c Schieber zum Entleeren des Trichters. d Horizontaler Rost, mit einem Schieber mehr oder weniger zu überdecken. e Oeffnung zum Ausziehen der Asche. f Feuerbrücke. g Flammloch. h Luftzuführungscanal. Langen's Etagenrost[1]) (Fig. 31) unterscheidet sich vom Treppenrost durch eine geringere Anzahl in grösserer Entfernung von einander liegenden Treppen a, b und c, an welche die etwa 28° geneigten Roste d, e und f stossen, welche einzelne Roststäbe enthalten, von denen die im obersten Rost d am weitesten, im untersten f am engsten sind. Das Einschüren des Brennmaterials geschieht von hinten, wobei sich dasselbe vorwärmt, austrocknet und dann so vorbereitet, dass die daraus entwickelten Destillationsproducte gezwungen sind, durch

[1]) Loeff, Anleitung zum Kalk- und Ziegelbrennen 1870, S. 133, 144, 199.

bereits glühende Coks, also bei vollständigerer Verbrennung in den Brennraum zu gelangen. Auf dem horizontalen Rost g sammelt sich die Asche, welche durch die ebenfalls mit Roststäben versehene und mittelst eines Hebels h zu öffnende Thür k ausgezogen wird. Beim Schüren schiebt man die Steinkohlen mittelst einer Krücke auf den Platten a, b und c nach vorn, wo sie sich alsbald auf dem heissen Theil derselben zersetzen und die Destillationsproducte nach Innen ziehen. Diesen Etagenrosten und namentlich auch der Pultfeuerung[1]) (Fig. 32, 33) liegt das Princip zum Grunde, Luft und Brennmaterial in derselben Richtung zuzuführen, wobei die entstandenen Destillationsproducte durch bereits glühende Kohlen


Fig. 31.



treten müssen und vollständiger, fast ohne Rauch verbrennen. Man legt bei der Pultfeuerung Holzscheite a von gleicher Länge auf Absätze b eines gemauerten Schachtes, macht auf dessen Boden durch c ein Feuer mit Holzspänen an, so dass die davon erzeugte Flamme durch den Canal d in den zu heizenden Raum k tritt, diesen erwärmt und Zug erzeugt, welcher die Luft, nachdem die Oeffnung c geschlossen, durch die Holzscheite von oben hindurchsaugt, auf welche man glühende Kohlen legt. Die Scheite kommen in Brand, die Flamme schlägt nach unten und zieht durch d in den Heizraum, während die verbrennenden Scheite fortwährend

[1]) Dingler's Journ. 175.

durch neue ersetzt werden. Die vom Pulte herabfallende Kohle verbrennt mittelst der durch die mit einem Register versehene Oeffnung c zutretenden Luft und die Verbrennungsgase davon ziehen ebenfalls nach d hin. Bei der Pultfeuerung verbrennen immer nur dünne Lagen von Brennmaterial und zwar bei stetem Luftzutritt von oben, wodurch die Verbrennung vollständiger wird und keine Rauchbildung stattfindet. Bei gewöhnlicher Rostfeuerung findet die Verbrennung in den unteren Schichten des Brennmaterials über dem Roste statt, die heissen Verbrennungsproducte durchstreichen gemeinschaftlich mit der ihres Sauerstoffs beraubten Luft die oberen Brennstofflagen, wirken auf diese verkohlend ein und es entsteht Rauch, der nicht immer wieder vollständig verbrennt.

Fig. 32.

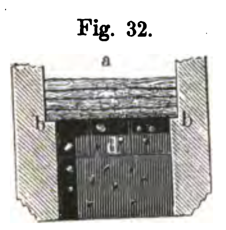
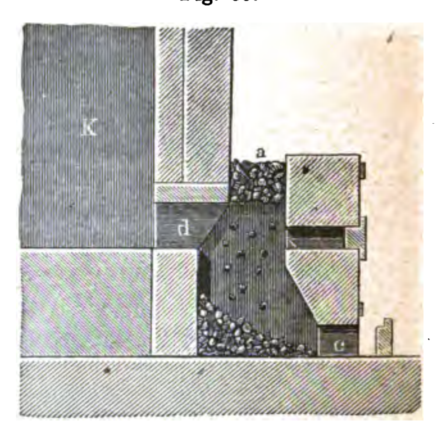


Fig. 33.



Die stehenden Oefen leiden an dem Uebelstand, dass die unteren Lagen der zu brennenden Thonwaaren die grösste Hitze erhalten, deshalb namentlich bei unvorsichtiger Feuerung leicht erweichen und dann die auf ihnen ruhende Last nicht mehr zu tragen vermögen. Man sucht dieses in solchen Fällen, wo auch die Glasur von den aufsteigenden, Flugstaub mit sich führenden Feuergasen leiden würde, dadurch zu vermeiden, dass man die Gegenstände in sehr feuerfesten Kapseln brennt (Porzellan, Fayence, feines Steingut u. s. w.). Wo keine Kapseln in Anwendung kommen, darf man den Einsatz nicht zu hoch machen.

3. Oefen mit abwärtssteigender, rückschlagender Flamme. Aus seitlich gelegenen Feuerräumen tritt die Flamme unter das Ofengewölbe, breitet sich hier aus, wird nach unten reflectirt und durch mit einem Schornstein verbundene Züge in der Sohle oder die über der Sohle befindlichen Oeffnungen eines centralen Schornsteins abgeführt. Solche Oefen gestatten eine voll-

ständigere Ausnutzung und gleichmässigere Vertheiluug der Hitze und geben weniger Rauch und Bruch, weil die Steine am Boden, welche die bedeutendste Last zu tragen haben, schwächer gebrannt sind als am Gewölbe und deshalb weniger leicht erweichen. Es ist jedoch ein Uebelstaud, dass die Steine am Boden öfters nicht gaar werden, wo sie dann zweckmässig durch ein Feuer von unten zur Gaare zu bringen sein würden. Solche Oefen sind für verschiedene Zwecke benutzt, ohne jedoch, wohl in Folge unrichtig gewählter Dimensionen, hinsichtlich ihrer Leistung vor anderen Oefen immer wesentliche Vorzüge zu haben. Die Befeuerung der Oefen geschieht bald mit festem Brennmaterial, bald durch Gasfeuerung ohne und mit Anwendung des Regenerativprincips.[1] Man leitet die Flamme entweder von der Sohle ab direct in den Schornstein oder noch in einen anderen Ofen.

4. Combinirte Oefen mit auf- und abwärts steigender Flamme. Derartige Oefen (von Schwarz, Fikentscher, Peclet u. A.) haben die Continuität beim Ziegelbetrieb angebahnt und sind Vorläufer des Hoffmann'schen Ringofens gewesen, erscheinen aber praktisch eigentlich immer nur für zwei Oefen anwendbar, indem bei aufsteigendem Feuer des ersten Ofens dessen abziehende Gase im zweiten durch einen Schornstein von oben nach unten gesogen werden. Die in letzterem vorgewärmte Waare wird dann durch ein separates Vollfeuer gaar gebrannt. Hängt man noch einen dritten Ofen an, so vermag nur ein ganz kolossaler oder stark erhitzter Schornstein erst die Gase wieder heraufzuziehen oder es würde bei Belassung der gebräuchlichen Schornsteine das Vollfeuer im ersten Ofen erlöschen.

B. Muffelöfen. Dieselben kommen zur Anwendung bei dünnen, eine starke Hitze erfordernden Gegenständen, welche im offenen Flammenfeuer sich leicht verbiegen oder sonst beschädigt werden würden, z. B. Thonpfeifen.

II. Continuirlich wirkende Oefen.

Das Problem der continuirlich wirkenden Oefen ist erst vollständig gelöst durch Hoffmann und Licht in ihrem Ringofen.

Der Hoffmann'sche Ringofen. — Abgesehen von dem hohen allgemeinen Interesse, welches der continuirlich wirkende Hoffmann'sche Ringofen in der wirthschaftlich wichtigsten Industrie unserer Zeit, der Ziegelindustrie sich errungen, führe ich denselben

---

[1]) wovon weiter unten Zeichnung folgt.

hier noch besonders an, weil er in seiner Anpassung an verschiedene Zwecke, auch ebenso für feuerfeste [1]) Anwendung gefunden hat.

Den Hauptteil des Ringofens bildet der in einer beliebigen krummen Linie, meist einem Kreise oder in einer langgestreckten ellipsenähnlichen Linie in sich selbst zurückkehrende, also unendlich lange überwölbte Brennraum oder Ofencanal, der überall gleich weit und nicht durch trennende Wände unterbrochen ist. Dieser Brennraum ist in eine bestimmte Anzahl ideeller Abtheilungen, meist 10—18 getheilt, die insofern aber wieder Wesenheit haben, als jede derselben von Aussen durch eine Einfahröffnung zugänglich ist und mittelst eines Canals, der durch einen dicht schliessenden Glockenkegel vollkommen absperrbar ist, mit einem gemeinschaftlichen Rauchcanal und durch diesen mit der hohen Esse communicirt. In jeder dieser Abtheilungen kann durch eine bewegliche, leicht zu entfernende Scheidewand von Eisenblech, Holz oder irgend einem anderen Material der ganze Querschnitt des Ofencanals coupirt werden. In dem Gewölbe des Ofencanals finden sich symmetrisch vertheilt und in kurzen Intervallen eine Anzahl kleiner Oeffnungen, die Heizlöcher, welche wie die Abführungscanäle der Rauchgase nach dem Schornstein durch mit ihrem scharfen Rande in sandgefüllte Nuthen tauchende Glocken bedeckt sind, und hierdurch einen absolut dichten Verschluss ermöglichen. Die Anzahl der Heizlöcher variirt sehr nach der Grösse der Oefen und beträgt für die kleinsten 6, für die grössten 36 für jeden der ideellen Ofenabschnitte.

Denken wir uns nun, um einen bestimmten Fall zu nehmen, einen solchen Apparat in Thätigkeit und zwar einen Ofen mit 12 Abtheilungen zum Brennen von Ziegelsteinen benutzt, so ist der Gang der Manipulationen folgender:

Die eine der 12 Eingangsthüren ist geöffnet, die übrigen sämmtlich vermauert und die eine zugängliche Abtheilung leer, so dass die äussere Luft frei in den Ofenraum eintreten kann. Die übrigen 11 Abtheilungen sind alsdann mit Ziegelsteinen gefüllt und in der letzten der Ofencanal durch die vorgenannte bewegliche Wand, den Schieber, geschlossen, unmittelbar vor demselben jedoch die Verbindung nach den Schornstein geöffnet. Durch die Wirkung des Schornsteins wird nun die Luft aus dem Ofen aufgesogen und muss, um hierhin zu gelangen, nachdem sie durch die Thür der offenen Abtheilung eingetreten ist, den gesammten gefüllten Ofencanal in einem überall gleichbreiten Strome durchziehen und dabei einen horizontalen Weg bis zu 400′ Länge zurücklegen. Auf dem ersten Theile des Weges zieht diese Luft durch die mit kleinen

[1]) Im Ringofen der National-Fire-Brick-Works in Philadelphia werden ausschliesslich Charmottesteine gebrannt.

Zwischenräumen aufgesetzten Steine, die bereits gebrannt und in Abkühlung begriffen sind und die um so mehr abgekühlt sind, je näher sie dem freien Eingang in den Ofen sich befinden. Hier nimmt die Luft die gesammte während des Brennprocesses in den Ziegelsteinen aufgespeicherte Wärme wieder auf und führt dieselbe den im Befeuern befindlichen Abtheilungen zu, in denen sie sich gradatim bis zum Glühen erhitzt. Der Abkühlungsprocess erfolgt in den vier ersten Ofenabtheilungen, diesen folgen 3 Abtheilungen in denen das eigentliche Befeuern stattfindet. Hier wird von oben Brennmaterial, am besten feinpulvriges, in kleinen Quantitäten und in kurzen Zeitintervallen, etwa von 5 zu 5 Minuten, durch einen Theil der im Ofengewölbe befindlichen 18—108 Heizlöcher eingeworfen. Unter den Heizlöchern sind, bis auf die Ofensohle reichend, in den eingesetzten Steinen senkrechte Canäle ausgespart, die durch Hineinschieben einzelner Steine in dieselben treppenförmig ausgekragt sind, so dass dem eingeworfenen Brennstoff, nach dessen Beschaffenheit die Stufen mehr oder weniger häufig oder hervortretend anzulegen sind, Veranlassung gegeben wird, sich in senkrechter Richtung ebenso gleichmässig zwischen den zu brennenden Gegenständen zu vertheilen, wie dies in horizontaler, durch die grosse Anzahl von Heizöffnungen ermöglicht wird.

In Folge dieser grossen Vertheilung des Brennstoffes, der dieser entsprechenden Gleichmässigkeit einer durch den ganzen Ofenquerschnitt fliessenden, bis zur höchsten Temperatur erhitzten Luft und der leichten Regulirbarkeit dieses Luftstromes, wie des einzugebenden Brennmaterials sind die günstigsten Bedingungen für eine vollständige Verbrennung gegeben und in der That wird man niemals aus der Esse eines in regelrechter Weise behandelten Ringofens gefärbte Rauchwolken aufsteigen sehen, sondern dieselbe bewahrt eine vollkommene scheinbare Ruhe, oder stösst doch nur weisse Wasserdampfwolken in der Zeit aus, wo frisch eingesetztes Steinmaterial im Ofen so weit erwärmt ist, dass das darin zurückgehaltene Wasser verdampft.

Nachdem die Luft den Brennraum passirt und hier also durch ihre chemische Reaction auf den Brennstoff Wärme erzeugt hat, hat sie noch 4 weitere Ofenabtheilungen zu passiren, in denen sie die aufgenommene Wärme wieder an noch nicht gebrannte, im letzten Theile sogar noch kalte Objecte abgiebt, um alsdann bis auf etwa 30—40^0 abgekühlt, gerade nur so warm, dass ihre Steigkraft erhalten bleibt, in den Schornstein zu entweichen.

In diesen vier zwischen dem Schieber und der eigentlichen Feuerstätte liegenden Abtheilungen rückt die Gluth nun immer weiter vor und gestattet ein immer weiteres Befeuern durch einzu-

streuendes Brennmaterial in die glühend gewordenen Ofentheile und wenn der Status quo des Ofeneinsatzes erhalten bliebe, würde der Brennprocess mit dem Augenblicke sein Ende erreichen, wo die Gluth bis an die den Ofencanal abschliessende bewegliche Wand vorgerückt wäre.

In Wirklichkeit ist jedoch Gelegenheit geboten, dass dieser Fall nie eintrete, sondern es wird in dem Maasse, als die Gluth vorrückt, immer neues Ziegelmaterial in die leere Abtheilung eingesetzt und dafür eine neue Abtheilung entleert, die bewegliche Wand von Abtheilung zu Abtheilung fortgerückt, die Eingangsthüren der vollgesetzten geschlossen, die Verbindungen nach der Esse hergestellt und die vorhergehenden gesperrt, so dass es für die fortschreitende Gluth möglich wird, vor sich stets neues Material zu finden, hinter sich fertig gebrannte und zur Entfernung reife Producte zurückzulassen.

In dieser Weise vollbringt die fortschreitende Gluth in dem ihr angewiesenen ringförmigen Raum ihren nie endenden Weg, bald schnell, bald in gemässigtem Schritt, je nach dem Willen des sie Leitenden; in der Regel rückt sie täglich um die Länge einer Ofenabtheilung weiter. In einzelnen Oefen findet diese Wanderung seit deren Erbauung, seit 10 Jahren statt und findet erst ein Ende, wenn dieselben einer durchgreifenden Reparatur in Folge der langen Benutzung unterliegen, oder aber wenn einmal besondere Rücksichten eine Unterbrechung des Betriebes räthlich erscheinen lassen.

Beim Ringofen ist der Wärmeverlust so weit vermieden, dass die Verbrennungsgase in der Esse nur 40—50° C. betragen, und ist zugleich durch die Sicherheit, mit welcher der Luftzug regulirt werden kann, die Möglichkeit gegeben, nur so viel Luft in den Ofen einzuführen, als zur Verbrennung unumgänglich erforderlich, wodurch eine vollkommene Rauchverzehrung zu erzielen ist. Durch Anwendung des in sich zurückkehrenden Ofencanals, der den continuirlichen Brand ermöglicht, sind zwei Ofenmauern, also etwa $^1/_3$ der Wärme consumirenden Ofenwände fortgefallen. Die nicht zu vermeidenden Wärmeverluste durch Ausstrahlung aus den Ofenwänden und durch entstehende Risse sind dadurch herabgedrückt, dass der ganze Ofen zwischen seinen doppelten Wänden mit schlechten Wärmeleitern, in einem Sand- oder Ofenmantel eingehüllt ist. Selbstredend kann dieses in sinnigst combinirter Weise ausgedachte Zusammenhalten der Wärme auch seine Schattenseiten haben. Man kann die Arbeiter nicht in eine Kammer schicken, die nicht so rasch abgekühlt, als man wünschen möchte, was möglicher Weise mit Zeitverlust und event. Vertheuerung des Arbeits-

lohnes verbunden ist. Ferner ist eine allzu ökonomische Verwendung der verlorenen Hitze mit Schwierigkeiten für den Schmauchprocess und z. B. Missfärbungen für die Ziegel verbunden. Die festen Feuerstellen sind aufgegeben und dafür die Verbrennung in den ganzen Ofenraum, in unmittelbare Berührung mit den zu brennenden Objecten verlegt, also die Wärmeverluste, welche durch feste Feuerstätten bedingt sind, beseitigt.

Es setzt diese Feuerungsweise eine möglichst gleichmässige Vertheilung des Brennmaterials, und eine sehr umsichtige und sachkundige Leitung des Feuers wie Regulirung des Zuges voraus, wobei es nicht allein genügt, dass hülfreiche Einrichtungen, wozu besonders die verbesserten Glockenverschlüsse mit eingesetzten Kegeln u. s. w. zu rechnen sind, zu deren Beherrschung vorhanden, sondern dass sie auch stetig und mit Einsicht und Geschick gehandhabt werden, woher es denn bei Versäumnissen in dieser Hinsicht kommen mag, dass wir sonderbarer Weise den widersprechenden Behauptungen, hier eines zu schwachen und dort eines zu starken, selbst viel zu starken Brandes begegnen. Auch ist bei der unmittelbaren Berührung des Brennmaterials mit den Brennobjecten ein verunreinigender Einfluss unvermeidlich, was beim Brennen von Gegenständen, die eine gleichmässige gefärbte Oberfläche zeigen sollen, zu beachten ist.[1])

Der Kohlenverbrauch (ausser Kohle ist jedes geringere Brennmaterial, wenn es nur trocken und nicht zu aschenreich, verwerthbar), der bisher ca. 10—12 Centner per 1000 Ziegelsteine betrug, ist in dem Ringofen auf 3—4 Centner erniedrigt.[2])

Ist so einerseits eine g a n z e n o r m e B r e n n m a t e r i a l e r s p a r n i s s eine erwiesene Thatsache, so hat andererseits die Wissenschaft ihr Urtheil dahin abgegeben, dass der Ringofen von Hoffmann und Licht, namentlich zum Brennen von Ziegeln, sowohl einer der m e t h o d i s c h s t e n als t h e o r e t i s c h v o l l k o m m e n s t e n Brennapparate ist, womit nach obigen Andeutungen und selbstverständlich nicht ausgeschlossen ist, dass die Praxis im Einzelnen je nach den Umständen Ausstellungen machen und relative Verbesserungen wünschen mag.

Nur kurz erwähne ich noch, dass die Ringöfen statt kreisförmig auch für grössere Ofenanlagen oval und langgestreckt [3]), ferner mit

---

[1]) In neuester Zeit werden durch Einführung eines sog. untern Schmauchcanals auch in Ringöfen sehr rein gefärbte Producte und in Masse geliefert. Notizbl. 1876, S. 43.

[2]) Nach Gruner ist der Wärmeeffect 70 %, beim Kalkbrennen sogar 77 %. Dingl. Journ. 220, S. 527.

[3]) Türrschmiedt, Notizbl. V, S. 4.

Gasfeuerung [1]), auch doppelt [2]), sowie in einer Ausdehnung von 8 bis 28 Kammern ausgeführt werden.

Continuirlicher Ofen von Ensor. — Der Ensor'sche Ofen [3]) wird auf den Pool-Works, Woodville, zum Brennen von feuerfesten Waaren und Steinzeug benutzt. In Tempelton-Silica-Works, in Pembroke zum Brennen der feuerfesten Dinassteine. Die Company Tamar zur Herstellung glasirter Ziegel in der Nähe von Tawistok und die Ziegelwerks-Gesellschaft in Nottingham wenden in gleicher Weise diesen Ofen an.

Einige Principien von dem Hoffmann'schen Ofen sind von Ensor beibehalten und für das Brennen feinerer Producte modificirt. Die Heizung inmitten der Producte ist vermieden, statt dessen das alte System fester äusserer Feuerungen angenommen.

Die aus zwei einander gegenüber stehenden Feuerungen kommenden Rauchgase streichen durch einen Fuchs bevor sie mit dem Brenngut in Berührung kommen.

Die Verglasungsflecke und das Anbacken von Asche, die von der directen Berührung des Brennmaterials und der Flamme herrühren, sind hierdurch vermieden. Um die Intensität der brennenden Gase zu vergrössern, kann der Luftzug etwas gestaut werden. Der Erfinder berechnet eine Ersparniss von 75 Procent im Verhältniss zu den gewöhnlichen Oefen und eine Ersparniss von ca. 83 Proc. für das Brennen von feuerfesten Steinen, Terracotta und Producten mit Salzglasur. Jede Abtheilung bildet eine besondere Kammer, die zur Aufnahme der zu brennenden Objecte dient, die auf der durchbrochenen Sohle aufgestellt sind. Oben in jeder Kammer und inmitten des Gewölbes ist eine Oeffnung, die nach Bedürfniss geöffnet oder mittelst einer Platte geschlossen werden kann und die mit dem Hauptfuchs communicirt, die mithin alle Kammern des Ofens oben in Verbindung setzt. Wenn eine Kammer einen Deckel auf dieser Oeffnung hat, so ist ihre directe Communication mit dem Schornstein abgeschlossen. Setzen wir den Fall, dass die vierte Kammer Vollfeuer hat, so werden die entwickelten Gase bald aufsteigend, bald fallend ihren Weg durch eine gewisse Zahl von Kammern nehmen, aus der letzten in den Schornstein entweichen, indem sie nach und nach die in den Kammern enthaltenen Producte erwärmen, die von dem circulirenden Feuer angezündet sind. In der ersten und zweiten Kammer kühlen die Producte in Folge des Zutritts der atmosphärischen Luft ab, die durch den Hauptfuchs und durch die zu diesem Zweck oben geöffneten Löcher einströmt.

[1]) Türrschmiedt, Notizbl. VI, S. 26.
[2]) Ebendaselbst V, S. 83.
[3]) Töpfer-Ztg. 1873, S. 34.

Diese so eingeführte und in den Kammern erwärmte Luft wird durch die grüne Producte enthaltenden Abtheilungen durchgeführt, die dritte Kammer ist ausser Thätigkeit und vollständig geschlossen. Die darin enthaltenen Producte erkalten nach und nach von selbst.

Ofen von Schwarz. — Noch führe ich hier den Ofen von Schwarz [1]) an, welcher ausser Zeit- und Brennmaterialersparniss den Vortheil bietet, dass man die Steine darin auf das heftigste brennen kann, indem immer die stärkste Hitze die obersten Schichten der Steine trifft und kein Zerdrücken der unteren belasteten aber weniger der Gluth ausgesetzten zu befürchten ist.

Der Ofen besteht aus vier paarweise neben einander liegenden Oefen A^1 A^2 A^3 A^4 von länglich parallelepipedischem Querschnitt, von denen jeder einen Fassungsraum von 10—12000 Steinen hat. Zwischen je zwei derselben, in der Höhe von 3,77 M. über dem Erdboden, liegen die sorgfältig in Charmottesteinen ausgeführten Feuerungen B^1 B^2, die durch eine starke Feuerbrücke geschieden sind. Der ganze Ofen ist mit einem leichten Dache bedeckt und mit Auffahrten für die Kohle, zwei Ständen für den Heizer und einer ringsum laufenden Gallerie versehen.

Die auf dem Roste entwickelte Flamme schlägt durch seitliche Oeffnungen in die sorgfältig überwölbten Oefen, steigt hier hinab und zieht am Boden durch den durchbrochenen Zugcanal ab. Der Zug wird durch 4 Schornsteine C^1 C^2 C^3 C^4 bedingt, die sowohl am Fusse, als auch auf halber Höhe mit dem Ofenraum correspondiren. Richtig angebrachte Schieber aus in Eisen gefassten Charmotteplatten erlauben die nöthige Regulirung des Zuges. Alle Oefen werden mit lufttrockenen Steinen gefüllt und die Eingangsthüren vermauert. Man macht dann in der Feuerung B^1 ein gelindes Feuer an und leitet die Flamme im Ofen A^1 abwärts und von dort durch den unteren Zugcanal in den dazu gehörigen Schornstein C^1. Sobald das Schmauchfeuer vorüber, sperrt man diesen Schornstein ab und leitet die Flamme im Ofen A^2 aufwärts und durch die obere Oeffnung in den Schornstein C^2 ab. Sind die Steine in A^1 gaar gebrannt, so schliesst man diesen Ofen vollständig ab und lässt langsam abkühlen. Man feuert dann bei B^2 und kann die Hitze rasch steigern, indem der Ofen A^2 schon vorgewärmte Steine enthält. Die Flamme geht durch A^2 abwärts, im Ofen A^3 aufwärts und von dort durch die obere Oeffnung des Schornsteins C^3 ab. Ganz derselbe Vorgang wiederholt sich beim Ofen A^3 und A^4. Bis man dahin gelangt sind die Steine in A^1 erkaltet, herausgenommen und durch frische ersetzt, so dass nun der Feuerungsgang sich ganz gleichmässig wiederholt.

---

[2]) Dingler's Journ. B. 151, S. 270.

Noch kurz erwähne ich eines continuirlichen Ziegelbrennofens, von Bock, auch anwendbar für feuerfeste Fabrikate[1]) unter der Voraussetzung, dass er eine völlig ausreichende Erhitzung derselben zulasse, welchen Heusinger von Waldegg in neuester Zeit in der 3. Auflage seines bekannten Buches „Die Kalk-, Ziegel- und Röhrenbrennerei“ als den „Ofen der Zukunft“, namentlich in der Kalk- und Cementindustrie, bezeichnet. Der Ofen besteht aus einem langen, horizontal liegenden Canal von 1 M. Breite und 1,3 M. Höhe, welcher aus Charmotte- und Ziegelsteinen gebaut, mit kräftigen Ankern und wie der 20 M. hohe Schornstein mit Isolirschichten versehen ist. Die zu brennenden Ziegel werden auf Rollwagen in den Canal eingeschoben und auf einem Schienengeleis dem etwa in der Längsmitte des Ofens liegenden Heizraum entgegengeführt. Beschrieben nebst Abbildungen findet sich der Ofen in Dingler's Journal Bd. 216, S. 200, worauf ich in Betreff der Einzeltheile desselben verweise.

Auf den ersten Blick ist nicht zu läugnen, dass der Bock'sche Canalofen[2]) manches sehr Einnehmende für sich hat, so namentlich hinsichtlich des Einsetzens und Ausbringens der Waare ausserhalb erhitzter Ofenräume, des raschen Fertigbrennens[3]) u. s. w. Bis jetzt jedoch ist ein andauernder, ungestörter Betrieb noch nicht oder nur ausnahmsweise gelungen, ja wir begegnen mehrfachen Störungen in der Bedienung des Ofens, im Schmauchprocess und selbst völligen Stockungen in der Bewegung der Wagen. Andererseits wird indess von bereits einer Reihe Ofenbesitzern die Hoffnung von zum Ziele führenden Verbesserungen nicht aufgegeben. „Noch liegt die Erfindung des Canalofens in der Kindheit und ist auch mit den Schwächen und Fehlern einer solchen behaftet.“

Das Gegenstück gewissermaassen zu dem Ofen von Bock bildet ein von Ch. Malpas zu Tunstall in England neuerdings patentirter continuirlicher Ofen zum Brennen von Töpferwaare, in welchem nicht diese aber die Feuerung fahrbar ist. Die Wagen mit der Feuerung laufen auf einem Schienengeleis innerhalb eines ringförmigen Tunnels unter den Oefen her und lassen sich jedes Mal für einen bestimmten Ofen einstellen. Im Einzelnen vergleiche man die Töpfer-Zeitung 1876, S. 153, ferner daselbst S. 171.

---

[1]) cf. Notizbl. 1876, S. 51.

[2]) cf. Seger, Notizblatt XI, 215, ferner Töpfer-Zeitung 1876, S. 41 und 219 sowie Notizblatt 1876, S. 40 ff. und daselbst S. 146.

[3]) Nach Zehden ist ein Wagen in $1^1/_3$ Stunde fertig. Notizblatt 76, S. 48.

III. Gasöfen

1) mit Regenerativvorrichtung und

2) mit abgesonderten Generatorgasen oder reiner Gasfeuerung.

Regenerativ-Oefen.[1] — Zur Verwandlung des Brennstoffes in Brenngase bedient man sich bei diesen Oefen eines sogenannten Generators, in dem aus dem hoch aufgeschichteten Brennstoff bei mangelndem Luftzutritt Gas erzeugt wird.

Ein solcher Ofen einfachster Art ist ein Schacht, dessen Gicht von einem oben und unten verschliessbaren Trichter verschlossen ist, so dass man durch denselben unter Abschluss von Luft Brennstoff zuführen kann.

Der Schacht erweitert sich nach unten plötzlich zu einem Rastraum, an dessen oberem Theil die Röhre zum Abführen der Gase sich befindet und dessen unterer Theil durch einen Rost begrenzt ist, unter dem, ähnlich wie beim Hohofen der Schmelzraum, hier ein Aschenfall vorhanden ist. In diesen, nahe dem Roste, mündet ein Gebläserohr, durch welches Wind in den Ofen geblasen wird. Im Rastraum geht die Vergasung vor sich, indem der Brennstoff vom Schachte aus sich hierhin locker lagert. Durch verschliessbare Oeffnungen in dessen Wand werden dort theils Schürstangen eingeführt, theils interimistische Roststäbe eingelegt, damit der Brennstoff hier mehr hängen bleibt, wenn der Rost gereinigt werden muss, was von einem Thürschlitz aus geschieht, der dicht über der Rostfläche angebracht ist.

Für die Praxis hat sich herausgestellt, da leicht Stockungen beim Feuern eintreten, dass man gleich zwei Regeneratoröfen neben einander legt, wenn man der Gasfeuerung für einen industriellen Betrieb sich bedienen will.

Eine eigenthümliche Anwendung haben die Generatoren durch die Gebrüder C. W. und F. Siemens bei der Construction der Regenerativöfen gefunden. Wie man die abziehende Wärme von Schmelz- oder Glühöfen, ehe sie aus der Esse entweicht, zur Kesselfeuerung u. s. w. noch ausnutzte, so gebrauchten die Gebr. Siemens diese abziehende Wärme zur Feuerung insofern selbst wieder, als sie mit ihnen feuerfeste Steine erhitzten, und indem sie sodann die Verbrennungsluft durch diese zogen, verbrannten sie die Generatorgase nun nicht mehr mit kalter, sondern mit erhitzter Luft.

---

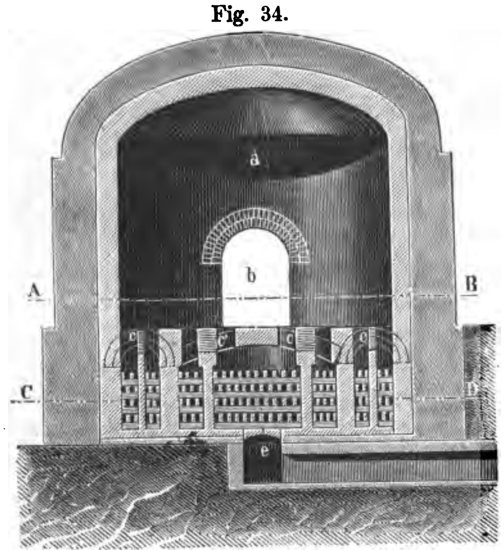
[1]) Türrschmiedt, Notizbl. V, S. 296. Ferner im Besondern das während des Druckes in 2. Aufl. erschienene werthvolle Compendium der Gasfeuerung von Steinmann 1876. Thon und feuerfeste Steine spielen bei Herstellung besonders eines Regenerativ-Gasofens (wie Steinmann sagt), wenn man die Kosten der gesammten Anlage ins Auge fasst, eine so grosse Rolle, dass man nur immer das Beste hierin wählen sollte.

Das Siemens'sche Verfahren ist aber nicht ein **Vorwärmen der Verbrennungsluft** allein, sondern auch eine Combinirung mit der Gasfeuerung, bei der **auch das Gas erwärmt** wird.

Zum Gaserzeugen gehören vier mit Steinen besetzte Compartimente, von denen zwei dazu bestimmt sind, die Hitze der aus der Verbrennung abziehenden Gase aufzuspeichern [1]), eins um die zur Verbrennung der Gase nothwendige Luft zu erhitzen [2]) und eins um die Wärme des entwickelten Gases selbst zu erhöhen. Dadurch dass die erhitzten brennbaren Gase mit erhitzter Verbrennungsluft zusammengeführt werden, ist eine grössere Intensität der Hitze hervorgerufen, die unter Umständen hinreicht, um Stahl zu schmelzen.

Ist die Hitze der Luft und Gas erwärmenden Kammern ausgenutzt, so haben sich zu dieser Function die beiden anderen Kammern durch die abziehende Hitze vorbereitet und der Wechsel in der Richtung des Zuges wird durch Umstellen von Klappen bewirkt.

Fig. 34.



Zur Veranschaulichung dieser sog. Regeneratoren füge ich hier die Zeichnung von **Steinmann's Porzellanofen mit Siemens'scher Regenerativfeuerung** [3]) (Fig. 34) ein; derselbe hat unter dem Ofenraum a vier concentrische Regeneratoren, und zwar zwei für die Luft und zwei für das Gas. Dieselben münden in den Ofenraum durch sechs äussere Fuchsmündungen c und drei innere c'. Die Eintritte für die Luft und für das Gas sind sämmtlich rippenförmig überbaut. Eine Luftklappe, eine Gasklappe, Luftzutritt für erstere, Gaszuleitungscanal und Schornstein vervollständigen die Einrichtung. b Eintrageöffnung.

Behufs der Vorfeuerung richtet man in b nahe über der Ofen-

---

[1]) Die Generatoren sind nicht buchstäblich Wärmeerzeuger, sondern sie geben die Wärme wie ein Magazin nur ab.

[2]) Für Erreichung der **höchsten** Temperaturen mittelst Gasfeuerung ist eine Erhitzung der Verbrennungsluft geradezu unerlässlich.

[3]) Steinmann, Compendium der Gasfeuerung. 2. Aufl. Freiberg 1876.

sohle eine Rostfeuerung ein, welche nach Zulassung des Gases provisorisch versetzt wird. Durch theilweises Ueberlegen von Charmottesteinen über die Fuchsmündungen sucht man eine gleichmässige Vertheilung der Flamme herbeizuführen.

Während des Druckes erschien nebst Abbildungen in Dingler's Journal Bd. 220, S. 151 ein als Basteiofen mit Gasfeuerung von Steinmann bezeichneter Ofen zur Massenproduction unter Anderm auch von gebranntem Thon, worauf ich hier kurz verweise.

Als Brennmaterial passt am besten die von Staub befreite aber magere, nicht backende Stückkohle [1]; hingegen sind weit leichter wegen geringerer Schlackenbildung zu behandeln Holz, Torf und Braunkohlen, wovon beide letztere in der Regel billiger sind. Aschen- und schieferreiche oder nasse Kohlen taugen nicht. Aehnlich wie die Dampfmaschine bei unregelmässiger Dampferzeugung keine Dienste leistet ist beim Gasofen die regelmässige Gasentwicklung eine Bedingung, die von der Auswahl des Brennmaterials und dessen Behandlung durch den Schürer abhängig ist.

Beim Verlassen der Generatoren enthalten die Gase zugleich Verbrennungs- und Destillationsproducte; sie bestehen aus Kohlenoxyd, einfachem und schwerem Kohlenwasserstoff, Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff. Das Verhältniss dieser Gase wechselt mit der angewendeten Kohle und den Umständen, unter denen sie verbrennt. Die Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxyd erfolgt um so vollständiger, je höher die Temperatur auf dem Roste ist. Die Einrichtung der Apparate wechselt mit der Natur der zu brennenden Kohle. Die Generatoren müssen stets mehr Gas liefern als nothwendig ist und muss das Gas mit Pressung ausströmen.

Der Siemens'sche Gas-Regenerativofen hat auf den meisten Werken, namentlich Glashütten, gestattet, die alten Ofendimensionen bei gleicher Arbeitsdauer bedeutend zu vergrössern oder die Anzahl der Schmelzen unter Beibehaltung der primitiven Dispositionen zu vermehren.

Die Gesammtproduction wird quantitativ wie auch qualitativ [2] erhöht. Der Brennstoffaufwand, sehr oft auch die Arbeit, ändert sich dabei gegen früher nicht und die Ersparniss ist eine bedeutende.

Selbstverständlich stellen sich die Anlagekosten gegenüber der directen Feuerung ansehnlich höher, da jede Gasfeuerung besondere und umfassendere Einrichtungen erfordert. Das Siemens'sche System

---

[1]) Hennecart, Dingler's Journ. B. 202, S. 417, und Melting, Glashütte, 1875, Nr. 25—27.

[2]) Die intensivere Hitze gestattet ein kieselsäurereicheres und die reinere Flamme auch ein reineres Glas darzustellen.

gegenüber dem Schinz'schen, welcher letztere das Gas durch Gebläse in den Ofen treibt, während ersterer es durch einen Kamin hineinsaugen lässt[1]), stellt sich in Anlage- und Betriebskosten viel billiger.[2])

In den neuesten Ofenconstructionen von Nehse & Kleinwächter, bei denen die Regeneratorkammern durch andere Vorwärmeinrichtungen ersetzt sind und die periodische Umkehrung des Zuges nicht in Anwendung ist, findet die Lufterwärmung continuirlich statt.

Gasöfen mittelst abgesonderter Generatorgase. — Seit dem vorigen Decennium hat man Versuche gemacht, die im Hüttenwesen wegen ihrer Vorzüge immer mehr benutzte Gasfeuerung auch in der Porzellanfabrikation[3]) einzuführen.

Mittelst der Gasfeuerung[4]) sind nicht allein die höchsten Hitzgrade und eine mehr beherrschbare, gleichmässige Vertheilung der Hitze wie leichter eine oxydirende, stets aschenfreie, wenn auch damit nicht nothwendig vollkommen reine Flamme zu erzielen, sondern auch unter günstigen Verhältnissen eine wesentliche Ersparniss an Brennmaterial trotz der Einwände vom theoretischen Standpunkte.[5])

Der erste fabrikmässig betriebene Porzellangasofen ist der von Venier.[6]) In demselben ist das Princip der Gasfeuerung mit dem des auf- und niedersteigenden Zuges und der runden Ofenform sehr zweckmässig combinirt. Das Gas wird nur aus Holz gewonnen, ein Umstand, der der Verbreitung dieses Ofens hinderlich gewesen.

Fig. 35 bezeichnet den Verticaldurchschnitt. Fig. 36 Horizontaldurchschnitt nach EF. Fig. 37 Horizontaldurchschnitt nach CD.

---

[1]) cf. Bericht über die Wiener Ausstellung von Cohausen etc. S. 66.

[2]) Für kleinere Feuerungen, z. B. einzelne Ziegelbrennöfen, Dampfkessel u. s. w. sind nach Ramdohr derartige Anlagen viel zu complicirt und theuer.

[3]) Regierungsrath Möller, Bericht über die Einführung der Gasfeuerung, Notizbl. VI, 194.

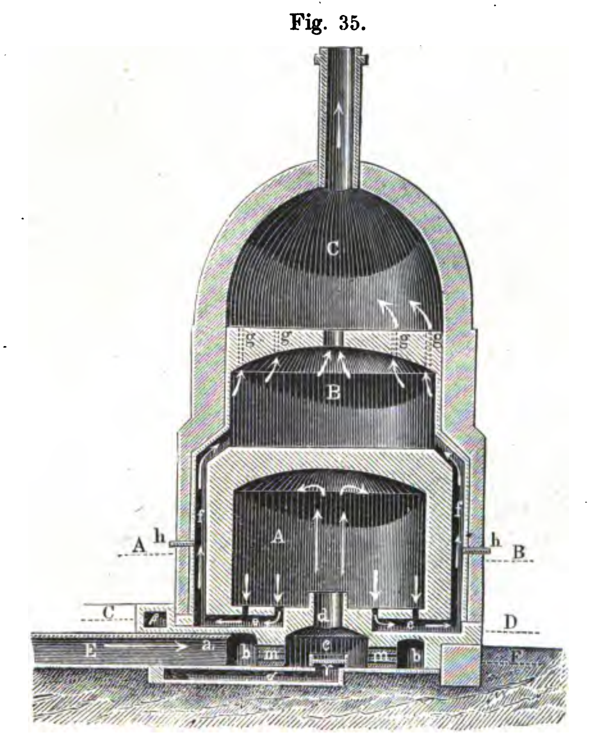
[4]) Die von Schinz angegebenen Bedingungen, durch welche das Maximum der Wärme unter den zweckmässigsten Verhältnissen erzielt wird, dass Verbrennungsmaterial wie Verbrennungsmittel von gleich physischer Natur, ihre Berührung eine sehr innige und dass die in Berührung gebrachten Mengen so bemessen sind, wie sie die Verbindung nach den chemischen Gesetzen erfordert, sind hier selbsteinleuchtend am vollkommensten zu erreichen. cf. Schinz, Maschinenbauer 1867, Nr. 29.

[5]) In der Praxis muss man, um Weissgluth in einem Ofen hervor zu bringen, so intensiv feuern, dass brennbare Gase in beträchtlicher Menge aus dem Schornstein entweichen. Nach Steinmann spielt die Gasfeuerung nicht allein im nationalökonomischen, sondern auch im nationalen (sanitär und landwirthschaftlich) Sinne eine hervorragende Rolle. cf. das oben citirte Werk von Steinmann 1876.

[6]) Strele's Porzellanfabrikation 1868, Taf. 16.

Fig. 38 desgl. nach AB. Fig. 39 Verticaldurchschnitt nach GH. a Canal zur Aufnahme der Generatorgase, über welchem nahe vor dem Ofen ein gusseiserner Rost a (Fig. 37) sich befindet, bei welchem letzteren die Gase mit atmosphärischer Luft in Verbindung kommen und entzündet werden. Die Flamme tritt in den unteren Ofenraum b, von da zwischen aufgekastelten Ziegelschichten m in den inneren Ofenraum c und trifft hier mit jener erwärmten Luft zusammen, welche durch die beiden Seitenöffnungen β kalt einströmt und von da abwärts unten in den Canal a streichend in dem Luftcanal δ erwärmt wird. Vor dem Austritt trifft sie gegen eine

Fig. 35.



auf sechs Füsschen stehende runde Platte γ und wird gezwungen, nach allen Seiten gegen das hereinströmende Gasfeuer zu stossen und sich damit im Raume c innig zu mischen.

Die dadurch intensiver gewordene Flamme gelangt durch die Oeffnung d in den Glattbrennofen A, zieht durch die Gassen zwischen den Kapselstössen gegen das Gewölbe, wendet sich nach abwärts, gelangt durch Oeffnungen e in der Sohle und die Canäle f in die zweite Etage B, von dort durch die Canäle g in die dritte Etage C (Hölle) und von hier durch einen Schornstein ins Freie.

Der Schieber h in den Canälen f dient zur Regulirung des Feuerzuges. Wie bereits bemerkt, hat sich dieser Ofen schon mehrfach mit Vortheil eingebürgert.

Als Schattenseiten dieses Ofens bezeichnet Wilkens folgende: Gas und Luft mischen sich unterhalb der Ofensohle zu wenig und erhitzen diese sehr stark, während zur gleichmässigen Vertheilung der Hitze im Ofen ein successives Verbrennen in demselben erwünschter sein würde. Die Gase treten nur in der Mitte des Herdes und nicht auch am Rande ein, was zu einer ungleichmässigen Ver-

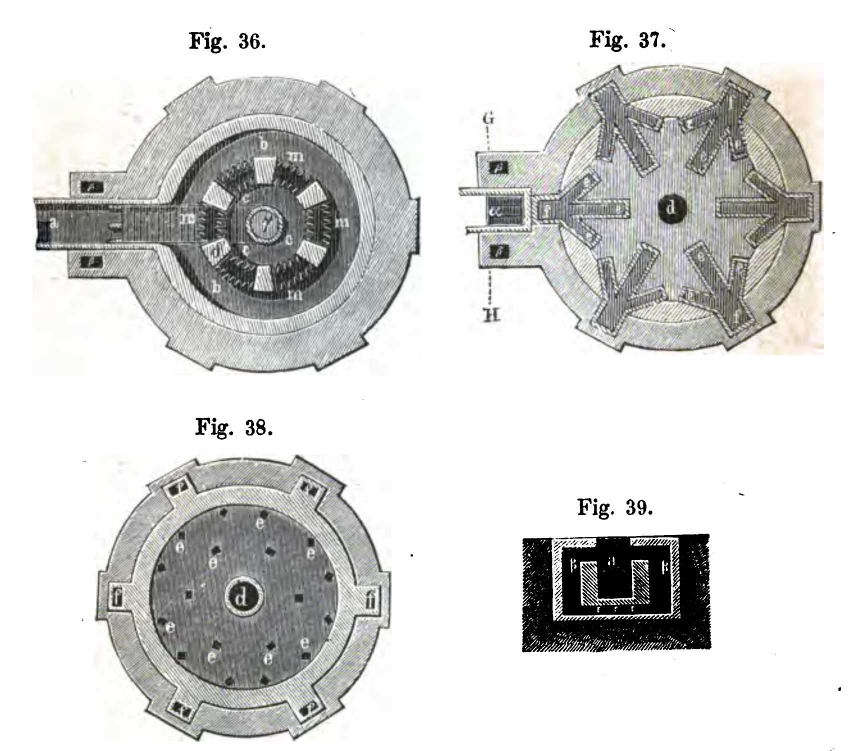


Fig. 36. Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39.

theilung der Flamme führt. Die Erhitzung der Luft geschieht auf Kosten der Abkühlung des Gasstromes.

Ein erster Versuch in der Königl. Porzellanmanufactur zu Berlin die 5 Feuerungen eines runden Porzellanofens in 5 Gasgeneratoren umzuwandeln mit Vorwärmung der Verbrennungsluft führten nach verschiedenen Abänderungen nicht zum Ziele. Hierauf baute man einen der alten Porzellanöfen nach dem Venier'schen Patentofen um, indem ein anderer Generator und ein Regenerator nach Siemens wie zwei kofferförmige Ofenkammern zu Hülfe kamen. Nachdem mit dem Probeofen eine grosse Reihe von Versuchsbränden

günstige Resultate hinsichtlich eines wesentlich geringeren Angriffs von Geschirr wie Kapseln im Feuer ergeben und eine Brennmaterialienersparniss von ca. 25—30 Proc., schritt man zur Erbauung des Ofens selbst. Derselbe [1]) besteht aus im Ganzen 22 kleinen Ofenkammern (von ungefähr 2,5 M. Quadrat-Grundfläche und 2 M. Höhe), in denen ein continuirlich fortschreitender Betrieb stattfindet. Es sind zwei Reihen von je 11 solcher im Grundriss viereckiger, mit einem flachen Gewölbe überdeckter Kammern, die sich gegenüber liegen. In der Mitte zwischen beiden Kammerreihen befindet sich der Rauchcanal und am Ende der Schornstein. An der gegenüber liegenden Seite sind die aus einfachen Schächten mit Planrosten bestehenden Gasgeneratoren erbaut, und zwar drei, in der Absicht nur zwei in continuirlichem Betrieb, den dritten in Reserve stehen zu haben, um für alle Eventualitäten gedeckt zu sein. Von hier aus gehen die Gascanäle ein Mal nach der einen und das andere Mal nach der anderen Seite, laufen an der Aussenseite jeder Ofenreihe entlang und es wird das Gas in die Ofenkammern so eingeführt, dass es symmetrisch in der Richtung der Längenachse des Ofens eintritt. Das Gas tritt hinter einer Feuerbrücke ein, nachdem es vorher mit der Luft zusammengeführt ist, die in den vorher abgebrannten Ofenkammern erhitzt worden ist.

Es ist dasselbe Princip wie beim Ringofen, dass zur Verbrennung nur Luft gebraucht wird, die sich an den bereits fertig gebrannten Gegenständen erhitzt hat. Andererseits haben wir es hier nicht mit einer horizontalen in ununterbrochenem Ringcanal streichenden Flamme zu thun, sondern mit einer in einzelnen geschlossenen Kammern vertical auf- und abwärts ziehenden.

Der Brand schreitet so vor, dass wenn in der Kammer, in welcher die Verbrennung stattfindet, die höchste Weissgluth erzeugt wird, hinter derselben 3 oder 4 Kammern noch rothglühend sind, durch welche die Luft eintritt und gleichzeitig vor derselben die abgehende Flamme die nächsten beiden oder drei Kammern in mehr oder weniger helle Rothgluth versetzt hat. Erst aus der vierten Kammer gelangen die Verbrennungsproducte nach dem Schornstein.

Wir haben also eine Flamme, die gegen 20 M. lang ist, etwa wie in den alten Schachtöfen. Gleich bei dem ersten Brande stellte sich heraus, dass die Gesammthandhabung eine ausserordentlich bequeme und sichere ist. Zur Regelung des Zuges dienen dieselben Rauchglocken wie beim Ringofen. Die Regulirung des Gasstromes ist eine sehr genaue, das Ventil arbeitet in dem Maasse empfindlich,

---

[1]) Möller, Notizbl. VIII, S. 77.

dass ein geübtes Auge die Wirkung jeder kleinen Drehung erkennt und man die Flamme genau reguliren kann, wie man sie braucht, was beim Porzellan von grosser Wichtigkeit ist.

Der Ofen ist ein zweckmässiger zum Brennen jeder Art von Thonwaaren, so auch für Charmottesteine.

Wo es auf eine vornehmlich reine [1]) Flamme ankommt ist ein solcher Gasofen als die bequemste und beste Einrichtung zu empfehlen. Bald hierauf belehrt uns Mendheim, der den vorstehenden Ofen mitconstruirt und erbaut hat, über einen Brennofen für Thonwaaren mit Gasfeuerung und continuirlichem Betriebe. [2])

Mendheim construirt ein System ringförmig zusammenliegender, jedoch durch Zwischenwände von einander getrennter Ofenkammern, bei welchem die Befeuerungsweise der gewöhnlichen Ringöfen durch Gasfeuerung (mittelst abgesondert erzeugter Generatorgase) ersetzt wird.

Die Zeichnungen veranschaulichen dieses Ofensystem im Wesentlichen. Fig. 41, Taf. III, stellt den Grundriss des ganzen Ofens dar, welcher aus 2 durch die Kanäle h_1 und h_2 verbundenen Reihen von je 9 Kammern — Nr. 1 bis 18 — besteht. Fig. 42 ist der Querschnitt des Ofens und Fig. 43 eine Kammer im Längenschnitt.

Das zum Betriebe des Ofens erforderliche Gas wird in den Gas-Generatoren aa erzeugt. Dasselbe ist in seinen Bestandtheilen erheblich abweichend vom Leuchtgase, welches letztere im Allgemeinen nur die gereinigten nicht condensirenden Producte der trockenen Destillation aus dem angewandten Brennmaterial enthält, und ausserdem der bei Erzeugung des Leuchtgases in den Gas-Retorten zurückbleibende Kohlenstoff als Coks von den Gas-Anstalten bekanntlich theils zur Erhitzung der Retorten verwendet, theils verkauft wird. Beim Betriebe der Generatoren dagegen wird Coks nicht gewonnen, sondern in brennbares Kohlenoxydgas verwandelt, welches den Hauptbestandtheil der Generatorgase bildet; ebensowenig findet eine Gewinnung von Theer statt, dessen Dämpfe bei der hohen Temperatur der nicht gekühlten Generator-Gase diesen beigemengt bleiben und ebenso wie das im Generator sich gleichfalls bildende Leuchtgas dem Heerde der Verbrennung zugeführt und für letztere nutzbar werden. Dieses Gasgemenge, welches also die ganze Menge des verwendeten Brennstoffes in Gasform enthält, ist stets durch Beimengung von Stickstoff aus der atmosphärischen

---

[1]) cf. Seger, Notizbl. 1876, S. 56. Derselbe macht darauf aufmerksam, dass die flüchtigen Verunreinigungen auch dem Gase beigemengt bleiben.

[2]) Notizbl. VIII, S. 158, und X, S. 55.

Luft verdünnt, deren Einführung in die Generator-Roste zur Umwandlung der Gesammt-Brennmaterialien in brennbare Gase nothwendig ist.

Aus den Generatoren tritt das Gas durch die eisernen Ventile bb in den gemauerten Canal c und wird aus diesem je nach Bedarf mittelst der Ventile d^1 resp. d^2 entweder in den Canal e^1 oder in den Canal e^2 geleitet, aus diesen Hauptcanälen aber durch Oeffnen des betreffenden Ventils f in diejenige Ofenkammer, welche befeuert werden soll.

Angenommen, es sei dies Kammer Nr. 8 der Zeichnung. Das Gas tritt hinter einer Feuerbrücke in dieselbe ein und trifft dort auf einen Luftstrom, welcher die bereits fertig gebrannten kühlenden Kammern Nr. 17, 18, 1, 2 u. s. f. bis Nr. 7, so wie deren mittelst kleiner Oeffnungen gg über der Ofensohle durchbrochene Zwischenwände, zwischen Kammer Nr. 18 und Nr. 1 aber den Canal h^1 passirt und hierbei eine sehr hohe Temperatur angenommen hat, welche sofortige Entzündung des Gases und sehr bedeutende Vermehrung der Wärme-Entwickelung beim Verbrennungsprocess bewirkt. Aus Kammer Nr. 8 gelangt die abgehende Flamme durch die Oeffnungen gg der Scheidewand nach Kammer Nr. 9, von da durch den Canal h^2 nach Kammer Nr. 10 der anderen Kammer-Reihe und so successive bis Kammer Nr. 14, welche durch kleine Blechschieber von Kammer Nr. 15 getrennt und durch Oeffnen des eisernen Rauchventils i mit dem Rauchkanal k und dem Schornstein l verbunden ist.

Es wird demnach ebenso wie beim Ringofen-Betriebe die in den fertig gebrannten Kammern zurückbleibende Wärmemenge zur Erhitzung der Verbrennungsluft und die aus der im Brande befindlichen Kammer abgehende Flamme und deren erhitzte Verbrennungsproducte zum Vorwärmen der demnächst zum Brande gelangenden Ofen-Kammer benutzt. Ist Nr. 8 gar gebrannt, so wird das zu derselben gehörende Gas-Ventil geschlossen und das der Kammer Nr. 9 geöffnet u. s. f. — Ebenso schreitet auch das Ausnehmen und Besetzen der Ofenkammern sowie das successive Einfügen derselben in den Betrieb ganz ähnlich wie beim Ringofenbetriebe vorwärts.

Hinsichtlich der erzielten Vortheile resultirt, wie Mendheim angibt, allen anderen Ofenconstructionen gegenüber (mit Ausnahme des stets ökonomischsten Ringofens) eine Brennmaterialersparniss von mindestens 50 Procent, ferner ist das Gelingen der Brände keinenfalls geringer und ist hervorzuheben die Unmöglichkeit der Verunreinigung durch Aschenanflug.

Die in den kühlenden Kammern zurückbleibende Wärme lässt

sich mit grossem Vortheil ausser der Erhitzung der Verbrennungsluft zum Vorwärmen, Schmauchen und Trocknen verwenden. Der Betrieb des Ofens ist nach Mendheim ein so einfacher und leicht zu regulirender, dass selbst ein mässig intelligenter Arbeiter zur Bedienung genügt. Seither sind denn schon 16 solcher Oefen an verschiedenen Orten in Betrieb und dienen bereits zum Brennen jeder Art von Thonwaaren, vom Ziegel bis hinauf zu den feuerfesten Producten, den Charmottewaaren und zum Porzellan. Für Charmottewaaren genügt eine geringere Kammerzahl. Charmotteziegel brauchen 15 bis 25 Stunden Brennzeit. Dieselben in einem Ofen gebrannt, der für den intermittirenden Betrieb bestimmt war, gab die befriedigendsten Resultate. Der Ofen[1]) hat 10 Kammern, wovon 8 mit Charmottewaaren gefüllt waren, die Anfangs- und End-Kammer waren mit anderem Material besetzt, trotzdem hat der Besitzer auf die Charmottewaaren eine Ersparniss von vollen 50 Procent erlangt, welche durch Verwendung von billiger Kleinkohle und Kohlenabfall bis auf $66^2/_3$ Procent steigt. Die Steine werden bei einer Temperatur gebrannt, welche der des Porzellans ziemlich nahe kommt und stellen ein gleichmässiges, vorzügliches Fabrikat ohne Ausschuss dar.

Wo es auf das Brennen höchst feuerfester Fabrikate ankommt, ist der quasi Gasringofen wie kein anderer am Platze.

Teirich — die Maschinen und Werkvorrichtungen für Thonwaarenindustrie auf der Wiener Weltausstellung — spricht dem Mendheim'schen Ofen die grösste Zukunft in der Thonwaaren-Industrie bei Erzeugung feinerer Waaren zu, wobei er a) die gemeinsamen Principien und b) die speciellen für die Kammer bei allen Varianten der Mendheim'schen Construction anführt.

a) Die Verbrennung der Generatorgase erfolgt kostenfrei mit der den in Abkühlung begriffenen Kammern entnommenen heissen Luft. Die heisse Luft wird ausserdem zum Vorwärmen der zunächst gar zu brennenden Ofenkammer völlig ausgenützt.

b) Eine möglichst gleichförmige Mischung von Gas und Luft, eine gleichmässige Vertheilung der Flamme resp. Hitze in der ganzen Ofenkammer und die Vermeidung einer unnöthigen Ueberhitzung gewisser Theile des Ofens.

Nachdem vorstehend vornehmlich die günstigen, für den Erfolg der reinen Gasfeuerung sprechenden Beispiele, namentlich beim Brennen hochfeuerfesten Materials, angeführt worden sind, ist hier nicht unerwähnt zu lassen, dass nicht überall deren Einführung

---

[1]) Ein solcher Ofen findet sich bei den Herren Haupt & Lange in Brieg für feuerfeste Fabrikate in Betrieb. cf. Weiteres Töpfer-Ztg. 1876, S. 41.

geglückt ist, ja in einzelnen Fällen, wo eine bestimmte Färbung erbrannt werden soll oder das Thonmaterial ein mehr unreines und schwierig zu behandelndes ist, unübersteigliche Hindernisse sich bis jetzt in den Weg stellten.

Noch kurz erwähne ich der kleinen sehr heissen und zu feuerfesten Versuchen benutzten Gas-Schmelzöfen. Es gehört hierhin der Gasofen von Perrot aus Genf, welcher die Schmelzung von Kupfer, Silber[1]) Gold u. s. w. mittelst natürlichen Luftzuges in grossem Maassstabe gestattet.[2]) Beschrieben und gezeichnet findet sich der Ofen in Dingler's Journal Bd. 187, S. 383.

Leuchtgas mit Luft gemischt tritt aus im Kranze angeordneten Brennern und heizt den Schmelztiegel. Dieser ist mit einem Mantel umgeben und ruht auf einem von einer eisernen Stange getragenen Cylinder aus feuerfestem Thon. Die Gase strömen, nachdem sie den Tiegel erhitzt haben, in einen gewöhnlichen Schornstein. Vor den Kohlenöfen hat derselbe viele Vorzüge voraus, Zeitersparniss, Sicherheit, Einfachheit und insbesondere Reinlichkeit beim Schmelzen.

Verbessert wurde nach Debray der Perrot'sche Ofen hinsichtlich grösserer Oekonomie wie Solidität (einfachere Gasregulirung und innigere Gas- und Luftmischung) durch Wiessnegg[3]) in Paris, so dass man mittelst des verbesserten Ofens im Stande ist, in einer halben Stunde 4—500 Grm. einer Goldlegirung und zwar unter geringem Gasaufwande und grösserer Sicherheit vor einem Unfall zu schmelzen.

Ferner bedient man sich in Fabriken feuerfester Thonwaaren zu Prüfungen und Controlversuchen des oben (S. 95) beschriebenen bekannten Sefström'schen Ofens. Zur Controle um eine mögliche Ungleichheit in Folge einer Verstopfung einer Düse wahrzunehmen, werden gleichzeitig dieselben Proben in zwei Oefen geglüht. Die verwendeten gleichmässig grossen und reinen Coks sucht man vorher aus.

Zugmesser. — Zu den Hülfsmitteln einer constanten Beurtheilung des Ofenganges gehört die Ueberwachung des Zuges in den Brennöfen oder dem Schornsteine. Eine blosse Schätzung des Fortganges der Verbrennung nach der mehr oder weniger lebhaften Feuerung, der helleren oder dunkleren Gluthflamme oder der Beschaffenheit des Rauches reicht nicht aus und ist es daher wichtig,

---

[1]) Nach Rössler lassen sich darin 10—15 K. Silber auf einmal schmelzen.

[2]) Wendet man ein Gebläse von Gas und Luft an, so gelingt es, wie bei dem Löthrohr von Schlösing (Dingler's Journ. Bd. 180, S. 220) Schmiedeeisen und selbst Platin zu schmelzen.

[3]) Siehe Beschreibung und Zeichnung Dingler's Journ. Bd. 206, S. 360.

dem Heizer einen Apparat in die Hand zu geben, welcher ihm den geringeren oder grösseren Zug in Zahlen angibt, um auf Grund derselben die erfahrungsmässig festgestellte Zuggeschwindigkeit stetig und sicher mit Hülfe von Schiebern etc. zu reguliren.

Man kann sich zur Controle der bekannten Manometer, einer Uförmig gebogenen Glasröhre, deren äusserer Schenkel offen und die mit gefärbtem Wasser oder besser noch mit Solaröl gefüllt ist, bedienen; jedoch sind sie nicht empfindlich genug und empfiehlt sich in dieser Hinsicht ein Apparat von Scheurer-Kestner, der den Anforderungen eines geregelten Dienstes entspricht und sich bewährt hat [1]), wie dies neuerdings durch Aron [2]) festgestellt wurde unter Anbringung einiger unwesentlicher, aber für den praktischen Gebrauch geeigneter Aenderungen.

Der Apparat ist auf Taf. III, in Fig. 44, in der Längenansicht und in Fig. 45 in der Frontansicht dargestellt. Er besteht aus einem 50 Cm. langen, 16 Cm. breiten und 6 Cm. hohen messingenen Behälter A, B, welcher mit ungefähr 3 Liter Alkohol gefüllt wird.[3]) Dies geschieht durch eine mit einem Schraubenstöpsel verschliessbare Trichteröffnung C. Die Tubulatur D hat die Bestimmung, das Innere des Behälters mit dem Medium, dessen Spannung ermittelt werden soll, in Verbindung zu setzen; sie wird, wenn der Apparat in Ruhe ist, mittelst einer Schraube geschlossen, um die Verdunstung des Alkohols und in Folge dessen die Erhöhung seines specifischen Gewichtes möglichst zu verhüten. Der rectanguläre Behälter steht durch eine Kautschukröhre G, H mit einer gut calibrirten und in Millimeter getheilten Röhre E, F aus Krystallglas in Verbindung. Die Biegsamkeit des Kautschuks gestattet, diese Röhre, wenn man von dem Apparat Gebrauch machen will, leicht auf Null zu stellen. Die gläserne Indicatorröhre liegt in einem Träger K, welcher sich mittelst einer Schraube V in einer Führung I auf und nieder bewegen lässt, um der Röhre die gewünschte Neigung zu geben. Der andere Träger L ist fest und seine Oeffnung so weit, dass die Glasröhre bei Aenderung ihrer Neigung ungehin-

---

[1]) Notizbl. IX, S. 96. Ein ähnlicher Apparat findet sich bereits von List in Dingler's Journal 171, S. 43 beschrieben.

[2]) cf. Töpfer-Ztg. 1875, S. 165. Der Apparat kann durch die Redaction der Ztg. im Preise von 30 Mark bezogen werden.

[3]) Man erhält keine befriedigenden Resultate, wenn man den Alkohol durch Wasser ersetzt. Das Instrument wird alsdann zu träg; die Capillarität hindert die freie Bewegung des Wassers in der Röhre, welche durch dasselbe sehr oft gar nicht benetzt wird, besonders wenn es bereits einige Zeit gedient hat. Das geringste Stäubchen bildet ein Hinderniss in der Bewegung der Flüssigkeitssäule. Mit dem Alkohol hingegen sind dergleichen Uebelstände nicht zu befürchten.

dert in verschiedene Lagen bewegt werden kann. Das Ganze ist auf einer eisernen Platte angeordnet, welche mit Hülfe von vier Stellschrauben V[1] und einer Wasserwage N in horizontale Lage gebracht werden kann. Die Neigung der Röhre E, F wird mittelst einer Skala gemessen, auf welcher sich eine an dem Träger K befestigte Nadel bewegt. Der Alkohol steht selbstverständlich in der Glasröhre und in dem Messingbehälter in gleichem Niveau. Bringt man mittelst der Tubulatur D den Apparat mit dem Medium in Verbindung, dessen Spannung man ermitteln will, während die Oeffnung F der Glasröhre mit der äusseren Luft communicirt, so tritt in dem Behälter eine Veränderung des Niveau's ein, welche sich sofort an der Flüssigkeitssäule in der Glasröhre kund gibt, und zwar wird in der letzteren die Amplitude der Schwankung im umgekehrten Verhältnisse der Neigung der Röhre vervielfacht erscheinen.

Setzt man den Apparat mit dem Gasraum oberhalb der Feuerbrücke in Verbindung, so kann man mit grosser Genauigkeit die Aenderungen des Zuges beobachten.

Orsat'scher Apparat zur Untersuchung der Rauchgase. — Ferner ist hier anzuführen der in neuester Zeit gleichfalls in competenter Weise geprüfte und sehr empfohlene Apparat von Orsat[1]) zur Bestimmung der Verbrennungsprodukte. Die Bestimmungen mit demselben, wenn sie auch nach Seger der vollen wissenschaftlichen Schärfe entbehren, sind bezüglich der damit gewonnenen Aufschlüsse doch genau genug, um den Bedürfnissen der Praxis zu genügen.

Bei jeder rationellen Feuerungsanlage ist bekanntlich anzustreben, dass die Produkte der Verbrennung nur aus Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf bestehen und sowohl überschüssiger Sauerstoff wie Kohlenoxyd darin auf das Minimum gebracht sind. Diese Bestimmungen lassen sich aber nur mittelst der chemischen Analyse machen und bedurften sie bisher der Hand eines geübten und geschickten Analytikers. Eine Methode, den Verbrennungsprocess durch einen Laien zu controliren, gab es nicht und ist daher ein Apparat vorzugsweise nennenswerth, mit dessen Hülfe man im Stande ist, in wenigen Minuten eine Untersuchung der Feuerluft mit genügender Zuverlässigkeit für praktische Zwecke auszuführen.

Bei der Benutzung des Apparates wird eine gewisse Menge der Rauchgase aus dem Ofen aufgesogen und diese nach und nach

[1]) Notizbl. XI, S. 53, und Töpfer-Ztg. 1876, Nr. 23. Ferner vergl. Untersuchungen der Feuergase im Kalkringofen mit dem Orsat'schen Apparat. Seger, Notizbl. 1875, S. 322.

mit auf eine grosse Oberfläche vertheilter Natronlauge, dann mit pyrogallussaurem Natron und schliesslich mit einer ammoniakalischen Kupferchlorürlösung zusammengebracht. Die erste Flüssigkeit nimmt die Kohlensäure daraus fort, die zweite den Sauerstoff, die dritte ist ein Lösungsmittel des Kohlenoxydgases, so dass als Rest nur der Stickstoff verbleibt. Werden nun 100 Cbm. der Rauchgase abgemessen und nach jeder Behandlung derselben mit den verschiedenen Absorptionsflüssigkeiten die Volumenabnahme gemessen, so erhält man direct ohne Rechnung die Volumenprocente der einzelnen Hauptbestandtheile durch die in Cbm. ausgedrückte Volumenabnahme. Wegen der Einrichtung des Apparates wie dessen Einstellung und der Ausführung der Analyse verweise ich auf oben bezeichnete Quelle.

Ramdohr in seinem Buche „die Gasfeuerung" (S. 115) macht bei dieser Untersuchung aufmerksam, dass nachdem man sich vergewissert hat über die Dichtigkeit des Apparates, man die Gase mit Sorgfalt möglichst aus dem Innern des Ofens entnehme, da das Rauchgemäuer aller Feuerungsanlagen niemals absolut dicht ist und so leicht zu viel Luft in den Verbrennungsprodukten gefunden wird. Auch erwähnt Ramdohr, dass man sich desselben Instrumentes zum Aufschluss über den Zug in den Schornsteinen bedienen könne.

Feldspathkegel. — Auch gehört hierher die Controlirung des erreichten genügenden Hitzgrades durch, wie oben angedeutet, Feldspathkegel. Man versetzt feinst zerriebenen Feldspath mit so viel feuerfestem Thon, bis eine Mischung erhalten wird, welche erfahrungsmässig in der erforderlichen Brenntemperatur zusammenschmilzt, macht die Masse mit Wasser an und formt daraus handgrosse Kegel, die an verschiedenen maassgebenden Punkten des Ofens sich aufstellen lassen. Es wird gefeuert, bis diese Kegel anfangen abzuschmelzen und alsdann sich deutlich verflachen, was man durch ein Schauloch beobachtet.

Mit Hülfe dieses einfachen Mittels, das leichter ausführbar als das Ziehen von Probeziegeln, lässt sich constatiren, dass mitunter recht bedeutende Schwankungen in der Brennzeit vorkommen, und wie wichtig es daher ist, sich einer solchen täuschungslosen Controle zu bedienen.

Die bezeichneten Feldspathkegel können selbstverständlich keinen Anspruch machen, als sogenanntes Pyrometer zu gelten, geben aber einen bestimmten Indicator ab für die erfahrungsmässig ermittelte, nothwendig zu erreichende Temperatur. Sie dienen nur als Pyroskop, mittelst dessen der zum vollständigen Brennen der feuerfesten Waare erforderliche Hitzegrad augenfällig sich erkennen

lässt. Eines auf der Schwindung eines bestimmten Thongemenges beruhenden Pyroskops bedient man sich in der Steingutfabrik von Villeroy und Boch in Mettlach, und lasse ich hier eine kurze Beschreibung desselben folgen.[1])

In den Ofen hineinreichend sind 4 oder 6 feuerfeste Tragsteine vertheilt, deren Oberfläche eine Rinne und einen Absatz hat, durch welche eine darauf gelegte Röhre eine feste Lage und Anstoss erhält. Diese Röhre aus fetter Thon- und Porzellanerde in gleichbleibender Composition ist es, welche durch ihre Schwindung den Hitzgrad empirisch anzeigt. Es ist nämlich in dieselbe ein Nagel von stark gebrannten und dadurch indifferent gewordenem feuerfesten Thon gesteckt, dessen Kopf sich an die Mündung der Röhre andrückt, während sein anderes Ende aus derselben vorsteht und durchlocht ist, um eine feine Drahtschnur zu befestigen. Diese läuft nun in Verlängerung des Nagels durch eine Oeffnung in der Ofenwand, ausserhalb derselben aber über eine kleine Rolle, welche eine gemeinschaftliche Achse mit einem Zeiger hat, und ist an ihrem Ende durch ein Gewicht beschwert und gespannt. Man sieht, dass sich mit der Schwindung des Rohrs von der beschwerten Schnur der Nagel vorwärts bewegt und die Rolle gedreht wird, mit dieser aber zugleich der vorher auf Null eines Zifferblatts gestellte Zeiger sich vorwärts bewegt. Mit Hülfe des Instruments lässt sich der allmälige Gang des Ofens und sein höchster Hitzgrad an verschiedenen Stellen ersehen und hat es sich seit vielen Jahren in den verschiedenen Fabriken der Firma bewährt und in steter Anwendung erhalten.

Brennen feuerfester Thonfabrikate. — Kurz recapitulirt sind die Brennöfen für feuerfeste Fabrikate, wofür auch der allgemeine Ausdruck Charmottewaaren gebräuchlich ist, denen zum Brennen der gewöhnlichen Ziegel, des Töpfergeschirres, oder mehr denen des Porzellans ähnlich, wobei die Flamme bald nach oben geht, bald nach unten geleitet wird. Sie sind meist rund, räumlich beschränkt, stehend und werden wie gesagt durch mehrere Feuerungen beheizt, um durch Concentrirung der Hitze zur grössten Intensität gelangen zu können. Damit den Werkstücken Zeit gelassen werde zur Aufnahme der Hitze, muss die Feuerung eine pulsirende sein. Eine Füllung muss jedes Mal erst niederbrennen, ehe man eine neue wieder aufgibt.

Das Feuern muss mit grosser Vorsicht geschehen und die Dauer des Brandes (24—60 Stunden und mehr) richtet sich nach

[1]) cf. Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung. Industrie der Stein-, Thon- und Glaswaaren, S. 62.

der Beschaffenheit, namentlich nach den Dimensionen der Gegenstände. Feuerfeste Steine erfordern zwar einen sehr hohen Hitzgrad, aber eine kaum so lange andauernde Befeuerung, als gewöhnliche Ziegel. Richtig zusammengesetzte feuerfeste Gegenstände von bedeutenden Dimensionen kann man durch und durch gleichmässig brennen. Je dichter und feinkörniger die Masse, um so leichter lässt sie sich wegen der besseren Wärmeleitung brennen, aber um so eher schmilzt sie auch zusammen.

Beim Brennen von feuerfesten Steinen muss der Brennofen eine solche Construktion haben und aus solchem Material erbaut sein, dass es möglich ist, die Steine bei einer Temperatur durch und durch zu brennen, welche mindestens gleich ist derjenigen, welche der Ofen auszuhalten hat, wozu die Steine als Baumaterial dienen sollen.

Ausser den bereits oben genannten Oefen führe ich noch einzelne, speciell in Belgien und England benutzte an.

Belgische Oefen. — Die in Belgien fast allein und auch sonst recht gebräuchlichen belgischen Ofen von 3,77 M. Durchmesser und 3,14 M. Höhe haben an ihrer Peripherie 6 Feuerungen, welche dicht über der Sohle münden. Im Gewölbe befindet sich eine mit der Esse communicirende grössere Hauptzugöffnung mit mehreren kleineren. Ein Ofen fasst 80000—90000 Pfd. feuerfestes Material und erfordert per 1000 Ko. gebrannter Waare 100—150 Ko. Steinkohlen. Ein anderer Ofen mit durchbrochenem Sohlengewölbe und Feuerung darunter wirkt schneller als erstere.

Während die runden belgischen Oefen 24 Stunden lang ein Vorfeuer, dann 30—36 Stunden Vollfeuer erhalten, erfordern viereckige Oefen mit Sohlenfeuerung nur 18—24 Stunden Vor- und 16 Stunden Vollfeuer bei einem Verbrauche von 85—100 Ko. Kohlenverbrauch auf 1000 Ko. gebrannte Waare.

Englische Oefen. — Die Brennöfen in Garnkirk fassen bei länglich viereckiger Form 20000 Stück Ziegel und haben an beiden schmalen Seiten Steinkohlenfeuerungen, welche aus mehreren kleinen neben einander liegenden Rosten von etwa 0,63 M. Breite und 1,26 bis 1,57 M. Länge bestehen. Die Flamme zieht durch die beim Eintragen der Ziegel offen gelassenen Feuergassen nach der Mitte des Ofens derart hin, dass sie anfangs von unten bis oben ans Gewölbe steigt, dann nach der Mitte zu wieder niedergeht und durch Oeffnungen an den Langseiten unmittelbar über der Ofensohle in zwei etwa 6,27 M. hohen Essen entweicht. Ein Brand dauert 8—10 Tage.

Zum Brennen der Fabrikate in Stourbridge sind backofenartige, theils eckige, theils kreisrunde Oefen in Anwendung; die

Flamme streicht nicht direct durch die zu brennenden Gegenstände, sie ist überall durch dünne Mauern davon getrennt.

Staffordshire Oefen.[1] — Dieselben dienen ausschliesslich für alle Zweige des Poteriefaches in allen englischen Poteriedistrikten und können bis jetzt als Typus der Oefen zum Brennen von feuerfesten Produkten gelten.[2] Sie sind kreisrund, mit einem Kugelgewölbe von ca. 4 M. Durchmesser und 3,50 Cm. Höhe und an der sanft nach der Mitte ansteigenden Sohle mit 8—10 Feuerungen versehen. In der Mitte der Ofensohle befindet sich eine kreisrunde Oeffnung, welche durch ebenso viel Canäle mit den einzelnen Feuerungen verbunden ist; ausserdem hat jede Feuerung an der Ofensohle eine Oeffnung nach dem Brennraum, um welche herum, um die hier eintretende Stichflamme zu brechen, ein ca. 1,50 M. hoher Schlott lose mit zahlreichen Fugen aus feuerfesten Steinen aufgebaut ist, der zugleich eine Art Ständer bildet; in der Mitte ist über der Oeffnung ebenfalls ein solcher Schlott aus bodenlosen Kapseln aufgeführt. Für den Abzug der Flamme ist in der Mitte des Gewölbes eine grosse Oeffnung von ca. 30 Cm. und etwa 10 kleinere an den Widerlagern, die nach Bedürfniss durch aufgelegte Platten geschlossen werden können. Das Ganze ist mit einem kegelförmigen Mantel von Backsteinen, der an der Ofensohle Raum für den Umgang lässt und oben in einen Schornstein sich verengt, umschlossen, um den Ofen und die Arbeit darin vor der Unbill des Wetters zu schützen. Die Verankerung der Oefen ist gebildet durch umgelegte Bänder von flachem Drahtseil.

Ist der Ofen gefüllt, so wird die Eingangsthür vermauert und mit dem Feuern begonnen, erst langsam, dann bis zur intensivsten Weissgluth gesteigert und der Brand nach 36—40 Stunden beendet; die Feuerstätten sind meist ohne Roste, eine Art Pultfeuerung, und können deshalb nur sehr gute, grossstückige Kohlen verwendet werden.

Die beschriebenen Staffordshire Oefen, wie die ähnlichen belgischen Kuppelöfen sind beide bei richtigem lebhaften Schüren da recht am Platze, wo es auf starkes, heftigstes Durchbrennen

---

[1]) Dieselben haben ihren Namen nach der Grafschaft Staffordshire, diesem reichsten und in mehrfacher Hinsicht sehr günstig ausgestatteten Töpferbezirke, welcher fast den ganzen Bedarf Englands hervorbringt und dabei noch viele andere Länder versorgt. Als die wichtigsten Punkte sind bekannt der Flecken Stoke-upon Trent und Burslem, welcher letztere Ort die Geburtsstätte von Wedgewood und allein 22 Oefen, jeder mit 8 Feuerungen aufweist. Nach einer Schätzung von 1852 sind mehr als 60,000 Menschen in den 133 Thonfabriken der dortigen Gegend beschäftigt. Kerl, S. 11.

[2]) Notizbl. VIII, S. 117, und Töpfer-Ztg. 1876, S. 217.

ankommt. Sie sind aber Kohlenverschwender[1]) und unzweckmässig zum Charmottebrennen, wofür längliche Oefen besser sind. Auch haben sie den Nachtheil, dass an den Seiten jeder Feuerung eine Anzahl von Steinen, was im Ganzen viel ausmacht, verloren gehen, die zu stark und wiederum zu schwach in den Ecken gebrannt werden. Oekonomischer sind hinsichtlich des Brennmaterials wie der vollständigen Raumausnutzung viereckige Oefen mit nur zwei Feuerungen auf einer Seite, die mit einer hohen Esse in Verbindung stehen.

Das Setzen der feuerfesten Waaren im Brennofen. — Die Thonbrennöfen bringen ihren Effect immer erst in Gemeinschaft mit der eingesetzten Waare zu Wege. Das leitende Princip ist daher Canäle innerhalb der Waare zu bilden, in denen die vom Herd aus entwickelte Flamme ihren Weg nimmt und von hier aus auf die Waare wirkt. Um das zu können, müssen die Canäle gewissermassen an ihrem Anfange mit brennenden Gasen überfüllt werden, damit sie innerhalb der Canäle nach der Breite und Höhe hinreichenden Einfluss haben. Indem so die Waare selbst dem Zug die Wege eröffnet, stellt sie sich mit ihrer ganzen Körperlichkeit diesem entgegen, und während sie so lange als möglich die Feuerluft in ihren Canälen wirkend wünscht, verlangt das Feuer am Herd seines Fortgangs wegen ein Durchziehen in schneller Weise. Auf einem solchen sich Entgegenwirken beruht das Brennen im Poteriefach, bei welchem der dem Herde dienende Zug das Uebergewicht behalten muss, damit das Brennen überhaupt fortschreitet, jedoch nur um so viel, als das Feuer nicht durch die Canäle gejagt wird, sondern nach Möglichkeit lange wirkungsvoll darin verweilt.

Die Flamme wirkt an ihrem Eintritt in die Waare immer intensiver, als bei ihrem Austreten, und würden wir nicht im Stande sein, gleichmässig gebrannte Werkstücke zu erhalten, wenn diese selbst durch ihr Erglühen die Flamme nicht zu einem vorübergehenden Effect zwängen, indem je mehr der Stein glüht, er auch ein um so besserer Wärmeleiter wird (Türrschmiedt, Notizbl. VI, S. 238.)

Bei Ziegeln setzt man, um diese Canäle zu bilden, dieselben auf die hohe Kante, und zwar bei stehenden Oefen damenbrettartig, so dass eine Lage mit dem Längendurchschnitt des Ofens parallel läuft, die folgende aber jene im rechten Winkel durchschneidet. Bei Flammöfen lässt man dieselben besser mit der Längendurch-

[1]) Die Kohlenvergeudung wird in den Fällen am wenigsten empfunden, wenn, wie in England, die Thonwerke auf die Kohlengrube gebaut sind, was aber bei uns selten statt hat.

schnittslinie eine Diagonale bilden und die verschiedenen Lagen über einander von der Rechten zur Linken und umgekehrt abwechseln.

Schwinden beim Brennen. — In englischen Fabriken[1]) nimmt man an, dass reine feuerfeste Thone zwischen der Zeit des Formens und des schliesslichen Brennens ca. 1/8 der Länge oder 12,5 Proc. schwinden. Von dieser Schwindung soll ungefähr die Hälfte im grünen Zustande und die andere Hälfte im Feuer sich vollziehen.

In belgischen Thonfabriken zu Andenne wird angegeben, dass das Schwinden der Steine und Tiegel, das etwas verschieden nach der Stärke der Werkstücke ist, 10 Proc. betrage.

Wagner in seiner chemischen Technologie führt an, dass die Verkleinerung der Oberfläche durch das Schwinden variire von 14 bis 31 Proc., die der Capacität (des Inhalts) von 20—43 Procent. Nach Kerl (S. 438) erleidet das getrocknete Porzellan eine Schwindung, welche je nach der Beschaffenheit der Masse (Feuchtigkeitsgrad, Art und Druck beim Formen) variirt, aber für ein und dieselbe Masse constant ist. Die lineare Schwindung beträgt 7—17, durchschnittlich 13 Proc., wovon 1/4 der Schwindung aufs Verglühen und 3/4 aufs Scharffeuer kommen, indem eine anfangende Schmelzung in letzterem das Schwinden begünstigt. Der Grad der Schwindung nimmt zu, je nachdem die Gegenstände gepresst, in Formen gedrückt, auf der Scheibe geformt oder gegossen sind. Beim Formen überragen gebrannt die weniger gedrückten Stellen die stärker gedrückten.

Deutsche Werke nehmen im Allgemeinen für zubereitete und versetzte fette feuerfeste Masse eine Schwindung von ca. 8 Proc. und für magere eine solche von 5 Proc. an.

In Betreff der Schwindung reiner Charmottesteine behaupten die betreffenden Fabrikanten, je stärker dieselben gebrannt werden, um so mehr schwinden sie.

Die feuerfesten Steine.

Feuerfeste Steine. — Die sogenannten feuerfesten Steine oder geformten Ziegel aus feuerfestem Thon unterscheiden sich von den gewöhnlichen Ziegeln sowohl hinsichtlich der Verwendung und der desfalsigen verschiedenen Anforderung wie auch ebenso hinsichtlich des Materials und äusseren Ansehens. Jene sollen dem Angriffe des Feuers widerstehen und diese dem der Witterung oder auch des Wassers. Die ersteren Angriffe sagt Türrschmiedt „sind acuter, darum rascher und fühlbarer; die anderen nicht weniger intensiv, aber langsamer, heimlicher und im Laufe der Zeit erst bemerkbar.

[1]) Töpfer-Ztg. 1872, S. 75.

Die künstlich bereiteten feuerfesten Steine sind noch zu unterscheiden von den behauenen natürlichen, welche letztere rasch erhitzt leicht zerspringen oder bei anhaltendem Erhitzen sich stark ausdehnen und in säulenförmige Stücke sondern.

Die gebrannten feuerfesten Steine zeigen im Allgemeinen einen irdenen Charakter, sind mehr nur gebacken als zusammen gesintert oder erweicht oder gar verglast. Am augenscheinlichsten lässt sich dieser Gegensatz charakterisiren, wenn man einen guten Charmottestein mit einem sogenannten Klinker vergleicht.

Die feuerfesten Steine, welche je nach dem Zwecke, dem sie dienen, oder nach dem Platze, den sie im Ofen einnehmen, bestimmte Namen haben oder sehr mannigfache, je nach der verschiedenen Form und Grösse, haben unter sämmtlichen feuerfesten Produkten die bei Weitem allgemeinste Verwendung. Sie bilden meist nur das innere Baumaterial für alle die sehr verschiedenen Oefen, deren sich die Pyrotechnik bedient und wobei höhere Hitzgrade entwickelt werden. Sie werden angefertigt für Kesselfeuerungen, für Ringöfen, für Flammöfen, Calcinir- und Glühöfen, für Coksöfen, für die verschiedenen Glasöfen, chemische Oefen, Zinköfen, Hohöfen, Kupol-, Puddel-, Schweiss- und Stahlöfen, Martin-Siemens-Porzellan- und Gasöfen etc. etc.

Gute, brauchbare Steine müssen mit Rücksicht auf den besonderen Zweck, dem erforderlichen Hitzgrade wie den jeweiligen oder zufälligen Materialien, womit sie im Feuer in Berührung treten, eine gewisse Zeit festen, undurchdringlichen Widerstand leisten, ja mitunter einen bedeutenden Druck aushalten[1]), sie müssen in der Regel fest, glatt, kantig, dicht und von geschlossenem Gefüge sein, Temperaturwechsel, der plötzlich und sehr gross sein kann, vertragen und dürfen nicht zu sehr schwinden, nicht reissen, abblättern oder springen.

Intensivere Färbungen, z. B. ziegelrothe, wie sie bei den Ziegelsteinen sich finden, geben ein ungünstiges Kennzeichen ab oder lassen die feuerfesten Steine verwerflich erscheinen und ebenso gröbere und häufigere Beimischung von sichtbaren Unreinigkeiten.[2])

---

[1]) Festigkeitsbestimmungen feuerfester Steine gaben nach Michaelis wenig unter sich übereinstimmende Resultate. Die Schwankungen betrugen 50 Proc. und mehr. Notizbl. 1876, S. 76.

[2]) Schwächere Färbungen werden bei heftigem Brennen heller, wovon die Ursache eine ähnliche wie bei den gewöhnlichen Ziegeln sein dürfte, deren rothe Färbung beim Brennen bekanntlich durch Bildung mehrbasischer Silikate entsteht und namentlich bei Gegenwart von Kalk in eine weisse übergeht. cf. Notizbl. IV, S. 177, und IX, S. 16 ff.

Ein Bild der Zusammensetzung[1]) geben nachstehende Analysen von 9 verschiedenen feuerfesten Steinen.

	1.	1a.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Thonerde .	40,27	46,94	29,09	28,5	19,0	17,15	13,10	11,33	14,93	28,98
Kieselsäure	54,63	47,98	63,09	69,3	77,6	78,42	84,65	85,00	78,14	66,49
Magnesia .	1,03	—	0,66	—	2,8	0,64	2,25	—	1,42	0,25
Kalkerde .	1,53	2,32	0,42	—	—	0,38		—	0,37	0,15
Eisenoxyd .	2,67	2,94	2,88	2,0	0,3	1,30	Spur	2,33	2,38	1,20
Kali . . .	—	—	1,92	—	—	1,57	—	—	2,58	1,29
Natron . .	—	—	0,31	—	—					
Hygroskop. Wasser .	—	—	2,21 Titansäure	—	—	0,06	—	—	0,56	0,16
Chem. geb. Wasser u. Verlust .	—	—	—	—	—	0,71	—	—	0,62	1,64
	100,13	100,18	100,58	99,8	99,7	100,23	100,00	98,66	101,00	100,16

1. Feuerfester englischer Stein nach Fresenius.
1a. Darin enthaltene Charmotte.
2. Nach Percy von Riley mit der grössten Sorgfalt ausgeführt. Die Analysen 3. und 4. sind von Berthier gemacht.
5. Belgischer Stein von Andenne.
6. Feuerfester Stein von Vygen & Co. in Duisburg.
7. Stein aus dem Kaolinthon von Halle nach Wackenroder.
8. Von Altmark in Mähren.
9. Von Blansko in Mähren.

Nr. 1 repräsentirt ein ausserordentlich thonerdereiches Material, Nr. 2 dient auf den grossen Hüttenwerken in Südwales zu feuerfesten Steinen; Nr. 3 zu Creusot zum Hohofenbau, während die Steine Nr. 4 von Provins, ebenfalls in Frankreich, herrühren und zu Flammöfen benutzt werden.

Nr. 2, 9 und auch 3 repräsentiren ein Material von ähnlicher normaler Zusammensetzung wie ein feuerfester Thon; hingegen die übrigen einen theils sehr bedeutenden Ueberschuss an Kieselsäure enthalten. Noch höher, selbst bis auf 88 Proc., steigt der Kieselsäuregehalt in den Steinen für die Kupferschmelzöfen in Wales.

Nymphenburger feuerfeste Steine[2]), welche bei den Braunkohlenfeuerungen der Haller Salinen in Verwendung stehen, liessen gemäss angestellter Analyse bei anhaltender Feuerung grösstentheils kieselsaures Eisenoxydul aussaigern, während sich der Kalk concentrirte und der Kieselsäuregehalt um 50 Proc. verminderte.

[1]) Nach Mène kann die chemische Analyse über die Güte der feuerfesten Backsteine fast immer Aufschluss geben. Bulletin de la société industrielle de Mulhouse, Aprilheft 1863.

[2]) Oesterr. Zeitschr. für Berg- u. Hüttenwesen. 1869, S. 28.

Wahrscheinlich wird die Eisenoxydul-Silicatbildung durch die eisenreiche Steinkohlenasche, durch den starken Zug mit fortgerissen, begünstigt.

Es enthielten die Ziegel vor (a) und nach der Benutzung im verschlackten Theile (b):

	a.	b.
Thonerde	24,010	24,043
Kieselsäure	72,077	38,112
Eisenoxyd	2,922	1,642
Eisenoxydul . . .	—	9,948
Kalkerde	0,433	25,433
Verlust und Alkalien	0,558	0,822
	100,000	100,000

Anfertigung der feuerfesten Steine. — Nachdem wie oben angegeben die Masse hergestellt, die Materialien dazu zweckdienlichst vorbereitet wie zubereitet, deren Mischungsverhältnisse festgestellt und dieselbe gehörig durcharbeitet und bearbeitet ist, werden daraus die Steine angefertigt oder geformt.

Formen der feuerfesten Steine. — Wie bereits dargelegt, werden die feuerfesten Steine vorzugsweise mit der Hand geformt und zu dem Zwecke die mit pulverisirter Charmotte oder Formsand ausgestreuten Formen auf den gleichfalls bestreuten Formtisch gestellt, gehäuft voll Masse gethan, d. h. dieselbe tüchtig hineingepresst, entweder durch einmaliges heftiges Einwerfen des ausreichend grossen Klumpens oder nach und nach mit raschem, kräftigem Einschlagen dicht vollgefüllt, worauf man das Ueberstehende mittelst eines Drahtes oder des Streichmessers oben abschneidet und glatt streicht. Geschüttelt von Seite zu Seite, wird hierauf der Stein ausgeschüttet. Auch nimmt man das Formen ebenso vor über einer mittelst Hebelvorrichtung gut zu bewegenden Platte und drückt mit Hülfe des Hebels den Stein heraus.

Grosse, centnerschwere Steine werden in die oft aus mehreren Stücken zusammengesetzten Formen successive eingestampft oder mit hölzernen Schlägeln eingeschlagen. Der Arbeiter wirft in die Form zunächst ein Stück, womit er die Ecken ausdrückt, dann fügt er zum ersten ein zweites, was er damit zusammenarbeitet, und so fort, bis das Werkstück gebildet ist.

Nach dem Formen werden in der Regel die Steine hochkantig auf die Sohle des Formraumes gelegt, welche durch einige darunter hergehende Feuerzüge mässig erwärmt ist. Sie brauchen hier meist nur wenige Tage zu bleiben und können dann schon in grösseren Haufen aufgesetzt werden, um noch einige Tage länger zu trocknen, ehe sie in den Brennofen kommen.

Was die Ausführung im Einzelnen angeht, so bedient man sich beim Formen feuerfester Ziegel mit der Hand am besten beschlagener Holzformen oder auch aus Eisenblech gefertigter Formen, welche, wie aus den Fig. 40 und 41 zu ersehen ist, aus einem Rahmen von 6 Mm. dickem Bleche aa bestehen, bei b und c durch Eisenstäbe von 18—24 Mm. im Quadrat verstärkt und bei dd mit Handhaben versehen sind. Auf dem unteren Stabrahmen c liegt das ebenfalls 6 Mm. dicke Bodenblech, durch die Knöpfe ee in der Mitte gestützt. In diese Form wird die Masse eingestampft mittelst eines Stössels von etwa $2^1/_4$ Kil. Gewicht, lagenweise bei gewöhnlichem Format oder, wie gesagt, so lange das möglich, sucht man durch einmaliges Einwerfen des roh geformten Ballens die Form zu füllen. Nach jeder Lage, wird die obere Rinde behufs Verbindung mit der nächsten Lage mittelst des Krätzers, Fig. 42, aufgekratzt. Das

Fig. 40.

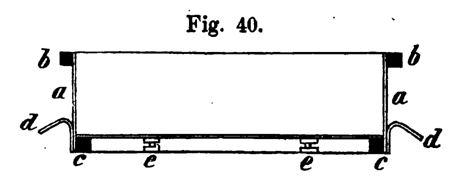


Fig. 41.

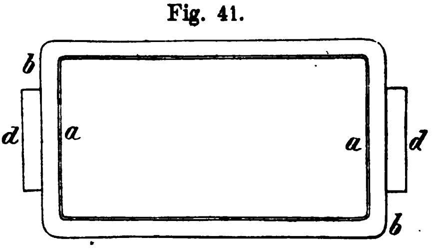


Fig. 42.

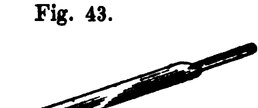
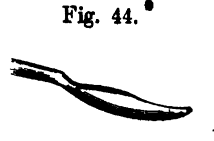


Fig. 43.

Messer, Fig. 43, dient dazu, um die überflüssige Masse von der Form abzustreifen, worauf die Oberfläche mit dem Spatel, Fig. 44, geglättet und mit reinem, sehr feinem Quarzmehle bestreut wird. Der Ziegel wird nun aus der Form auf ein entsprechend grosses, ebenfalls besandetes Brettchen gestürzt. Um dies zu erleichtern ist die Form am oberen Rande in jeder Richtung um 3 Mm. weiter. Auf dem Brettchen wird jedes Stück nochmals überputzt und dann auf die Trockenstellagen gestellt.

Fig. 44.



Die Ziegeltische, auf welchen die Formen gehandhabt werden, bestehen aus 12 Cm. starken Bohlen und müssen nebst dem nöthigen Arbeitsraum auch Platz für das Material zu 50—100 Stück Ziegel bieten.

Die für die Erzeugung von Pressziegel bestimmten Formen sind in den Fig. 45, 46 und 47 im Längen-, Quer- und Grundrisse dargestellt.

Fig. 45.

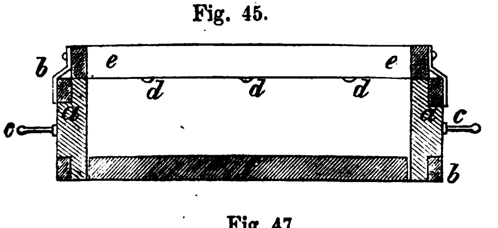


Fig. 46.

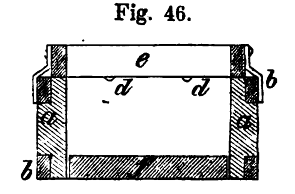
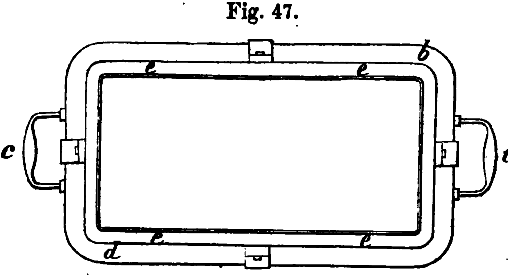


Fig. 47.



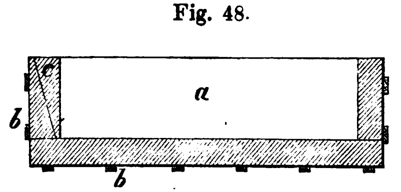
Der aus vollkommen dichtem, porenfreiem und festem Gusseisen bestehende Körper a ist an seiner Innenseite und an den Stössen gehobelt und polirt. Die Innen-Maasse zur Erzeugung 32×16×8 Cm. haltender Ziegel sind am Boden 32 Cm. lang, 16 Cm. breit, am oberen Rande 32,2 Cm. lang, 16,15 Cm. breit und 10,7 Cm. hoch. Aussen sind die Formen mit 2 heiss aufgetriebenen schmiedeeisernen Ringen bb armirt; cc sind Handhaben, dd Rinnen für den Austritt von Feuchtigkeit. Auf den oberen Rand passt ein eiserner Aufsatzring e von 8—9 Mm. Höhe. Als Boden dient eine 7 Mm. dicke Eisenplatte, welche genau in die Form passt. — Die ganze Ziegelpressform, wie selbe die Zeichnung zeigt, wird auf dem Tisch hergerichtet und in der bereits beschriebenen Art lagenweise vollgestampft, dann wird eine 2,5 Cm. dicke Platte von Gussstahl aufgelegt und das Ganze unter die Presse gebracht.

Auch hat man, wie oben erwähnt, versucht, für Charmotten von gewöhnlicher Grösse das Formen zu umgehen und dieselbe Anfertigungsweise, wie sie für die Mauerziegel in Gebrauch ist, befolgt. Der Thonschneider ist dabei so eingerichtet, dass er die Steinmasse durchknetend einen continuirlichen Strang gibt, welcher dann mittelst Drähten durchschnitten und abgeschnitten die verlangte Steingrösse liefert. Dieselben werden schliesslich in lederweichem Zustande noch nachgepresst.

Für grosse Formsteine, Gestellsteine etc. empfiehlt Kerpely folgende Einrichtung der Formen (siehe Fig. 48). a ist das aus Lindenholz gefertigte Formgehäuse, b die Eisenarmatur, c ein keilförmiger Einsatz.

Ist die Form vollgestampft, so wird sie, nachdem das bestäubte Formbrettchen darüber gelegt ist, umgelegt und nach einigen sanften Schlägen mittelst des Stössels leicht abgehoben. Die Stössel müssen immer in grösserer Zahl vorhanden sein und während des Einstampfens öfters erwärmt werden, um das Anhaften von Masse zu verhüten.

Fig. 48.



Pressen für die feuerfesten Steine. — Nach mehrseitigen Erfahrungen trägt die Dichtigkeit, wobei indess zu beachten ist, dass die Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel damit zunimmt, wesentlich zur grösseren Haltbarkeit der feuerfesten Steine bei. Nächst der Güte des verwendeten Materials in erster Linie hängt die Dauerhaftigkeit derselben von dem Druck ab, unter dem die Steine fabricirt wurden. Ein aus weicher Masse mit der Hand hergestellter Stein hat nicht die Dichtigkeit und den Zusammenhang wie auch die Schwere, als ein mit grösserem Druck aus zäher Masse durch Maschinenkraft gepresster Stein. Die Masse muss dabei, um richtig gepresst zu werden, in einem bestimmten (halbtrockenen), weder zu trockenen noch zu weichen Zustande sich befinden. Ist sie zu trocken, so muss die Pressung eine ganz ausserordentlich starke sein, und ist sie zu weich, so ist die Wirksamkeit eine bedeutend geringere. So fertigt man die Steine an durch Einschlagen mittelst einer einfachen Schlagpresse und presst dieselben nach, sobald sie etwas angetrocknet sind, in lederweichem Zustande. Man bedient sich dazu der Handpressen verschiedener Construction, Hebelpressen mit langem Hebelarm oder Kniehebel oder einer excentrischen Vorrichtung.[1])

Auch erwähne ich die bekannte Ziegelpresse (für gewöhnliche Ziegel) von Clayton[2]), welche durch Druck von oben und unten zugleich verdichtet und die auch für feuerfeste Steine angewendet wird (Fig. 49).

Ferner hat man auch Dampfpressen construirt und findet sich eine solche von Daelen[3]) beschrieben, womit er auf die Steine einen möglichst hohen Druck ausübt. Taf. III, Fig. 46 zeigt einen Längenschnitt, Fig. 47 einen Querschnitt und Fig. 48 den Grundriss

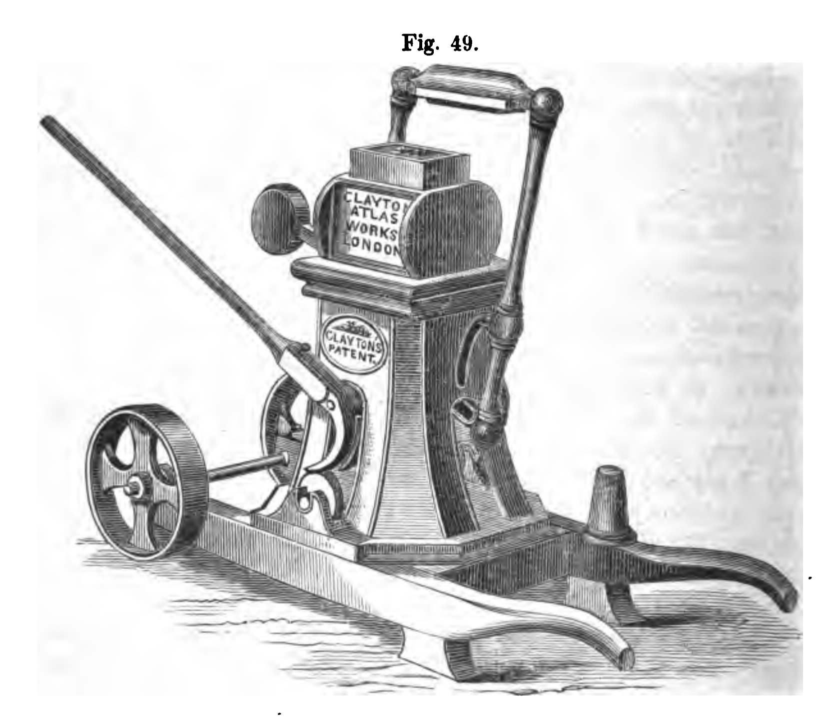
[1]) Man vergl. ferner Presse mit Tritthebel, Houget's Presse mit combin. Hebel und exc. Scheibe Heusinger v. Waldegg, S. 90. Eine von Wesenberg sehr empfohlene Ziegel-Nachpresse mit Abb. findet sich Töpfer-Ztg. 1876, Nr. 39. In Frankreich bedient man sich häufig der Presse von Prethon; Pressen von Jordan, Koller und Jäger (Dingler's Journ. Bd. 178, S. 180).

[2]) Dingler's Journ. Bd. 214, S. 285.

[3]) Dingler's Journ. B. 169, S. 109.

der Maschine. a ist ein Dampfcylinder, in welchem der Dampf, der durch eine Handsteuerung c mit zugehörigem Schieber regulirt wird, einseitig wirkt. Die Bewegung des Kolbens nach oben wird durch den Hebel e und das Kniestück f auf den Stempel g übertragen, welcher dann den in der Form i i befindlichen Stein zusammenpresst. Zur Bedienung dieses Apparates sind zwei Arbeiter und ein Gehülfe erforderlich, der die Steine herbeischafft. Letzere werden vorher geformt und in halbtrockenem Zustande angewendet. Nachdem der eine Arbeiter einen Stein hineingelegt und die Form

Fig. 49.



in die passende Lage geschoben, schliesst er vermittelst des Schlüssels l den Deckel m und lässt den Dampf wirken. Nachdem durch ein entgegengesetztes Verfahren der Dampf abgesperrt und der Deckel losgeschraubt wurde, hat der andere Arbeiter die zweite Form (Fig. 47) gefüllt, mit welcher jetzt dieselbe Operation beginnt, während dessen der erste vermittelst des Trittes o und des hölzernen Stempels n den fertigen Stein hebt und bei Seite schafft.

Die Maschine kann pro Tag leicht 2000 Steine pressen, welche sich durch eine regelmässige Form schon im Ansehen von anderen auf gewöhnlichen Pressen hergestellten auszeichnen. Gerühmt wird an der Daelen'schen Dampfpresse deren Lenksamkeit wie Unzer-

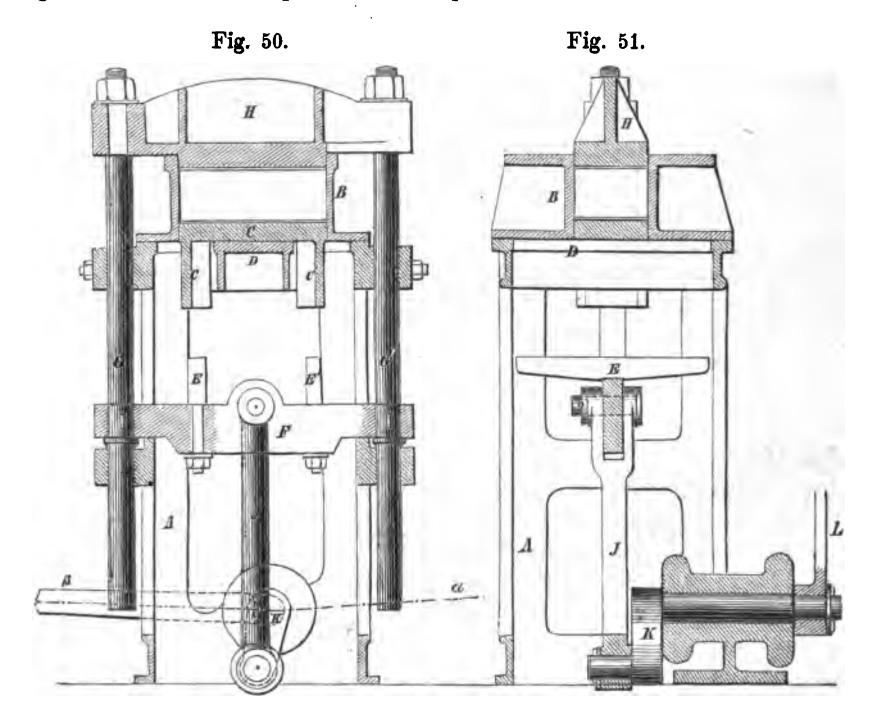
brechlichkeit bei falschem Drucke und entspricht sie bei nicht zu trockenem Material vollkommen ihrem Zwecke.

Die Dauer der gepressten Steine, wie Daelen angibt, verhält sich zu der der ungepressten wie 3 zu 2, welches Resultat durch zahlreiche Versuche in Puddel- und Schweissöfen festgestellt wurde.

Noch lasse ich hier die Beschreibung nebst Abbildung der Presse für feuerfeste Steine etc. von Ingenieur Morkramer folgen.[1])

Morkramer unterscheidet die Maschinen, welche direct unter hohem Druck Steine formen und pressen von denen, welche vorher geformte Steine comprimiren und pressen.

Fig. 50. Fig. 51.



Die Maschinen ersterer Art (wie die oben beschriebene) sind complicirter, theurer in ihrer Anlage, werden meist mit Dampfkraft betrieben und eignen sich daher nur für grössere Etablissements.

Die Maschinen der zweiten Art dagegen sind einfacher Construction, leicht transportabel, verhältnissmässig billig und werden durch Menschenkraft in Bewegung gesetzt.

Eine Maschine der letzteren Art, mit welcher 1—2 Arbeiter pro Tag 4—6000 Steine unter dem Druck von 2500 Pfund (und

[2]) Dingler's Journ. B. 191, S. 184.

höherem) pressen können, ist in Fig. 50 im Längenschnitt und in Fig. 51 im Querschnitt gezeichnet. Sie besteht aus einem Ständer A, welcher, um ihn möglichst leicht zu halten, durchbrochen gegossen ist. Auf der horizontal abgerichteten Oberfläche wird die Form B (in welche der Stein gepresst wird) durch vier Schraubenbolzen befestigt. In dieser Form kann sich die Platte C, welche nach unten zwei Ansätze c und c′ hat, auf und ab bewegen. Diese Platte C ruht entweder (wie in der Zeichnung) auf der Brücke D, welche an dem Ständer angegossen ist, oder wird durch die beiden Klauen E und E′ bis zum oberen Stand der Form gehoben. Die beiden Klauen E und E′ sind in der Traverse F verschraubt. Ferner sind in dieser Traverse nach aussen zwei schmiedeeiserne Zugstangen G und G′ angebracht, welche an dem Deckel H befestigt sind. Die Traverse F, die Zugstangen G, G′ und der Deckel H bilden also einen in sich fest verbundenen Rahmen, welcher durch je zwei am Ständer angegossene Lager genau senkrecht auf und ab geführt werden kann. In der Mitte der Traverse ist mit dieser durch einen Scharnierbolzen die Zugstange J verbunden. Das untere Ende dieser Zugstange umfasst den Finger des Krummzapfens K. Die Welle desselben ist mit diesem aus einem Stück geschmiedet. Das hintere Ende der Welle hat ein Vierkant, auf welches der Hebel L geschoben wird. Dieser Hebel ist um 90° zum Krummzapfen gesetzt.

Beim Pressen eines Steines verfährt man folgendermaassen: Der Hebel wird in seine äusserste Stellung nach a gebracht; dadurch bewegt sich der Krummzapfen nach oben und die Klauen E, E′ heben den Einsatz C bis zur Oberkante der Form. Auf diesen Einsatz wird ein oberflächlich geformter Stein gelegt, welcher ca. 12—24 Stunden angetrocknet und noch lederweich ist. Hierauf wird der Hebel nach β hinbewegt. Der Krummzapfen geht nach unten und mit ihm der vorher beschriebene Rahmen (aus Traverse, Zugstangen und Deckel bestehend). Ungefähr in der Mitte des Hubes legt sich der Einsatz C auf die Mittelbrücke auf und bleibt liegen; der Rahmen dagegen bewegt sich weiter nach unten, der Deckel tritt in die Form ein und übt den Druck auf den Stein aus, wodurch letzterer recht schön, scharfkantig und fest wird. Um den Stein gleich mit der Qualitätsnummer oder Firma zu versehen, kann an der Unterfläche des Deckels der Stempel oder die Inschrift angebracht werden. Zur Erleichterung der Arbeit und um ein Festsetzen des Steines zu verhüten, ist es vortheilhaft, nach erfolgtem Pressen von 8—10 Steinen jedes Mal die Unterkante des Deckels und die Oberfläche des Einsatzes mit einem mit Oel befeuchteten Pinsel oder Putzlappen zu überfahren. Mit dieser Ma-

schine kann man jede beliebige Form von Steinen pressen, welche nicht über 30 Cm. im Quadrat und 12 Cm. Dicke haben, seien es Gesimse oder Gewölbsteine; man braucht nur die Form, den Deckel und Einsatz entsprechend zu wechseln. Die Form und der Deckel können für seltener vorkommende Steinformen zur Kostenersparniss von hartem Holz angefertigt werden. Die ganze Maschine wird auf einen dazu construirten Schiebkarren oder auf zwei Hölzer geschraubt, um sie leicht und rasch an jede Stelle transportiren zu können, wo sie gebraucht werden soll.

Hydraulische Pressen. — Der gewaltigste Druck, wenn auch langsamer, wird ausgeübt mittelst der nach Teirich sich immer mehr verbreitenden hydraulischen Pressen mit indirecter und directer Wirkungsweise.

Trockenpressen. — In England wendet man, namentlich für die weniger bindenden Schieferthone wie auch für erdfeuchten, mageren Lehm die sogenannten Trockenpressen an, während in Amerika[1]) dieselben bereits für alle verschiedenen Materialien benutzt werden. Man verarbeitet dabei nicht vollkommen trockenes Material, welches letztere einen viel gewaltigeren Druck verlangt, sondern unterstützt die Pressung durch einen kleinen Wassergehalt.[2])

Als Vortheile der Trockenarbeit überhaupt ist anzuführen: leicht zu ermöglichende Massenproduction neben Verminderung des nöthigen Anlagecapitals für Maschinen und Trockenschuppen, Ersparung von Brennmaterial, schnellere Arbeit als die der meisten Knetmaschinen, die grünen Steine lassen sich sogleich höher über einander stellen, rascheres Trocknen, geringere Empfindlichkeit gegen Luftzug und Sonnenwärme, schärfere Flächen und Kanten der Steine, kein grösseres Gewicht gegen nassgepresste Ziegel, weit geringerer Kraftbedarf zum Betrieb der Maschine, worüber jedoch noch nicht hinreichende Erfahrungen vorliegen.

Eine Trockenpresse für ein Material, bestehend aus einer Misehung von Schiefer und plastischem Thon liefert in neuester Zeit die oben genannte, wohlbekannte Firma Clayton & Comp. Ueber die damit hergestellten Ziegel wird berichtet, sie seien frei von Rissen und so hart und trocken, dass sie direct von der Presse in den Ofen gebracht werden können. Abbildung nebst Beschreibung s. Maschinenbauer 1874, Nr. 45.[3])

Hier sind noch anzuführen die Trockenpressen von Matthews, Bodmer und Bradley und Craven, welche letztere nach Hoffmann

---

[1]) cf. Dingler's Journ. 159, S. 79.

[2]) cf. Seger über die Fabrikation von aus Thonpulver gepressten Ziegelsteinen. Notizbl. VIII, S. 218.

[3]) cf. ferner Notizbl. 1876, S. 32.

mit gutem Erfolge auf einigen Gruben in Westphalen, die mit Ziegeleien verbunden sind, arbeitet. Notizbl. 1876, S. 31.

Eintheilung. — Bei den feuerfesten Steinen oder Ziegeln oder dahin gehörige Fabrikaten lassen sich nach den Materialien, aus denen sie allein oder vorherrschend zusammengesetzt sind, vier Arten hauptsächlich unterscheiden:

1) reine Thon- oder Charmottesteine,
2) Quarzsteine,
3) gemischte Steine aus beiden Materialien und
4) Steine mit noch anderen Zusätzen.

Anders und gewissermaassen pyrometrisch kann man die feuerfesten Steine eintheilen je nach deren Anwendungsweise oder den verschiedenen Anforderungen, die an sie gestellt werden. Die geringsten Ansprüche werden gemacht:

a) Bei Dampfkesselfeuerungen, Essen, bei Coksöfen, namentlich den älteren etc.

Hier genügt Rohmaterial, wie es gerade nicht selten vorkommt, Thon und Sand.

b) Wird schon mehr von ihnen verlangt in Glas-, Zink-, Kupol- und Puddelöfen etc.

Gewöhnliche feuerfeste Thone genügen da nicht mehr, man muss letztere ersetzen durch Charmotte, z. Th. in reichlicher Menge oder bei Quarzzusatz auf recht reine Materialien in geeigneter Form und passendem Verhältniss sehen.

c) Müssen sie den höchsten Hitzgrad aushalten in Hoh- und Schweissöfen, in den verschiedenen Gasöfen etc.

Hierzu dienen nur ausgezeichnet schwerschmelzbare Thone sowie vorzüglich reine Materialien und Quarz in allergrösster und selbst ausschliesslicher Verwendung (Dinassteine).

Erstere Eintheilung nach den Materialien hat eine grössere Uebersichtlichkeit und leichtere Orientirung für sich, weshalb wir dieser folgen.

1. *Charmottesteine.* — Die eigentlichen Thonsteine oder sogenannte Charmotten, welche rein aus dem natürlichen Thon bestehen, sei es, dass letzterer als solcher verwendet — wie z. Th. in Garnkirk und Stourbridge geschieht — oder mit gebranntem Thon (Charmotte) versetzt ist.

Wenn man auch im Allgemeinen unter Charmottesteinen solche versteht, die verhältnissmässig nicht wenig reinen Thon resp. Thonerde enthalten, so können sie doch, wenn bereits der angewandte Thon sehr kieselsäurehaltig, dennoch reich an Kieselsäure sein. Absichtlich aber wird keine Kieselsäure und keinenfalls in feiner Form zugesetzt; sondern höchstens ein geringer Bruchtheil

klarer Quarzstückchen zu der Charmotte aus wesentlich mechanischem Grunde. Sie besitzen, abgesehen von der grösseren Neigung zum Schwinden, wie gesagt Vorzüge in physikalischer Hinsicht, wohin weit grössere Festigkeit, besonders Zähigkeit gegen Stösse und kein schwammartiges, mürbes Brennen mit begierigem Einsaugen der Ofenschlacke und damit ein Eingehen leichtflüssiger Verbindungen zu rechnen ist, welche oft höchst erwünschte Erfordernisse durch andere Mittel sich nicht ersetzen lassen.

Für Regenerativ-Gasöfen gibt Steinmann unter vielen Sorten feuerfester Steine den Charmottesteinen und besonders den Meissner in Bezug auf Egalität der Arbeit und Feuerbeständigkeit den Vorzug.[1])

Ausser den vielen kleineren Formsteinen werden vorzüglich die centnerschweren Hohofensteine aus Charmottemasse angefertigt, worauf wir weiter unten noch zurückkommen.

Die reine Charmottemasse wird am wenigsten angegriffen von der basischen Hohofenschlacke, dagegen mehr von der sauren. In letzterem Falle wirkt ein geringer Thonzusatz zur Schlacke wegen der grossen Sättigungscapacität der Thonerde als bestes Hülfsmittel gegen die Zähflüssigkeit.

2. *Quarzsteine.* — Das Gegenstück zu den Thonsteinen bilden die Quarzsteine[2]), welche fast einzig aus Quarz hergestellt werden.

3. *Mischung beider Arten von Steinen.* — Man fertigt Steine an, welche eine Zwischenstufe von 1 und 2 einnehmen und die sich bei vorherrschendem Thongehalte entweder näher 1 oder bei vorherrschendem Kieselsäuregehalte näher 2 stellen. Letztere sind ökonomisch entschieden am vortheilhaftesten anzufertigen. Bestehen sie aus verhältnissmässig reinen Materialien und ist die Kieselsäure in nicht zu feiner Form, so ist eine hervorragende Schwerschmelzbarkeit nicht abzusprechen und gibt man ihnen in den Eisenwerken fast durchweg den Vorzug. Eine sogenannte trockene Hitze vermögen sie in recht hohem Grade und andauernd auszuhalten.

4. *Mischung feuerfester Steine mit verschiedenen Bestandtheilen.* — Hierher gehören feuerfeste Ziegel, bei denen noch andere Bestandtheile als Thon und Quarz in beträchtlicher Menge zugemischt werden.

[1]) Nach der bisherigen Methode der Darstellung von Charmottesteinen mittelst fettem Thon und gebranntem Thon, wovon ersterer immer einen bedeutenden Theil ausmacht und nicht zu den höchst schwerschmelzbaren gehört, ist die Erreichung höchster Feuerbeständigkeit abhängig von physikalischen Bedingungen und fällt daher der fortschreitenden Technik die Aufgabe zu, die Verwendung des fetten Thones immer mehr zu beschränken und andererseits die der Charmotte in weit grösserem Maasse zu steigern.

[2]) Im Handel unterscheidet man diejenigen feuerfesten Steine, welche Quarz, Sandstein oder Sand in grösserer Menge enthalten von denjenigen, welche fast allein daraus bestehen, den Dinassteinen.

Zur ersten Art, den Charmottesteinen gehörig, sind ausser den zu uns kommenden englischen Steinen[1]), und zwar fast alle von derselben Art, solche anzuführen, wie sie nach Thum auf der Zinkhütte in Borbeck in Westphalen als erste Qualität fabricirt werden, aus:

1 Theil ungebranntem belgischen Thon (wovon der beste feuerfeste 50procentig und mit dem höchsten Bindevermögen 10—11),
2 Theilen gebranntem belgischen Thon

und als zweite Qualität aus:

1 Theil ungebranntem rheinischen Thon (Feuerfestigkeit = 30—45procentig).
2 Theilen gereinigter Bruchstücke gebrauchter Muffeln,
2 Theilen gebranntem rheinischen Thon,

und als dritte Qualität aus:

2 Theilen ungebranntem rheinischen Thon,
3 Theilen ungereinigten Muffelscherben (oder man nimmt auch Rheinsand).

Auf den Eisenwerken der k. k. österreichischen Staats-Eisenbahn-Gesellschaft in Wien erzeugt man bewährte Coksofenziegel[2]) aus:

1 Maasstheil Blanskoer Thon (ein wenigstens 30procentiger feuerfester und dem Bindevermögen = 5. Die Analyse ist l. c. angeführt),
3 Maasstheilen desgleichen gebrannt,
2 Maasstheilen binischem Thon (ein ca. 20procentiger feuerfester und gut bindender),
6 Maasstheilen desgleichen gebrannt.

Eine ähnliche und noch entschieden schwererschmelzbare Masse fertigt dieselbe Bessemer Hütte mit Hülfe einet geringen Quarzzusatzes an, aus:

1 Maasstheil bezeichnetem Blanskoer Thon,
1 1/2 Maasstheil Göttweiger Thon (ein wenigstens 30proc. feuerfester und sehr bindender),
6 Maasstheilen Blanskoer Thon gebrannt,
1 Maasstheil Quarz.

Zu einer geringeren Mischung, ebendaselbst angewendet für Rundziegel, wird genommen:

---

[1]) Bekannte beste französische feuerfeste Steine finden sich angegeben Notizbl. VI, S. 282. Brongniart fand die von Monchy bei St. Floy, von Septville bei Provins und die von St. Vallier bei Oviol weit schwerer schmelzbar als die von Stourbridge (in England).

[2]) Wovon Proben auf der Wiener Weltausstellung 1873 ausgestellt waren, vergl. der Verf. in Dingler's Journ. 209, S. 121.

2 Maasstheile bezeichneter Blanskoer Thon,
4 Maasstheile bezeichneter Charmotte,
1 Maasstheil Quarz.

Auf der belgischen Zinkhütte St. Leonhard gebraucht man für Steine erster Qualität:

31 Procent ungebrannten belgischen Thon,
52 Procent gebrannten belgischen Thon von 2—3 Millim. Korngrösse,
17 Procent reinen Quarz.

Zu Vieille Montagne (in Belgien) nimmt man für feuerfeste Steine:

auf 1 Theil rohen Thon
1 Theil gebrannten Thon,

wovon letzterer je nach der Qualität, die man erzeugen will, nur aus reingebranntem Thon, oder für geringere Steinsorten, aus einem Zusatz von altem gebrannten Materiale besteht.

Zu Angleur ist das Verhältniss dasselbe; in St. Leonhard steigert man den gebrannten Zusatz bis auf 1½, zu Corfali und zu Prayon auf 1 und zu Andenne bis auf 3 Theile, welch letzterer aus 1 Theil feinem Staub und 2 Theilen gröberem Mehl zusammengesetzt wird.

Das Kneten der Masse geschieht hier meist noch immer durch Treten und ohne Maschinen oder mittelst des Thonschneiders. An dem einen Orte hält man darauf, dass die Masse vorher auf dem Haufen liege oder lässt sie an dem anderen selbst faulen und sogar bis zu 1 Jahr lang. Noch anderwärts tradet man die Masse und wiederholt das drei Mal. In allen Fällen muss vor der Verarbeitung die Masse eine solche Consistenz besitzen, dass sie sich lang zieht, ohne zu zerreissen, und bekanntlich dürfen die Finger nicht beschmiert werden beim Drücken.[1])

Für die besten Fabrikate endlich legt man Gewicht darauf, dass die Charmotte wenigstens zum Theil zwei Mal gebrannt sei.

Von den, wie bereits oben erwähnt, englischen feuerfesten Steinen kommen die in Garnkirk und Stourbridge dargestellten darin überein, dass sie aus reiner Thonmasse bereitet sind; dennoch unterscheiden sie sich dadurch von einander, dass erstere einen sehr geringen Charmottezusatz, auf 3 Theile rohen Schieferthon 1 Theil gebrannten erhalten und dagegen letztere nur aus roher Schieferthonmasse bestehen.

So bekannt im Allgemeinen die Fabrikation feuerfester Char-

---

[1]) Fabrikation feuerfester Steine nach Challeton. Töpfer-Zeitung 1872, Nr. 6.

mottesteine und die dabei geltenden Regeln für die Materialien wie deren Bearbeitung sind, so gibt es doch noch Fabriken, die daraus eine Geheimnisskrämerei machen. So z. B. stellt eine Fabrik aus rheinischem feuerfesten Thon durch gelindes Glühen, dann Pulverisiren bis zur Unfühlbarkeit und nun Mischung mit grünem Thon, bis eben nur formbar, feuerfeste Steine dar, die in Folge dieses eigenthümlichen Verfahrens für besonders gut gehalten werden.

Als Beispiel eines gewissermaassen kieselsäurereichen (85 Proc.) Charmottesteins sind zu bezeichnen die oben genannten wegen ausserordentlicher Schwerschmelzbarkeit und sonstiger grosser Haltbarkeit in hohem Rufe stehenden Charmottesteine der königlichen Porzellanmanufactur in Berlin, welche aus dem bekannten Halle'schen Kaolin und Kapselbruchstücken hergestellt werden.

Als ganz vorzügliche Anlage für Charmottesteine bezeichnet Kerpely (S. 40) die auf der Hermannshütte in Hörde mit einer jährlichen Production von mehr als 1½ Millionen Stück à 6 bis 7 Pfund Gewicht.

Die Hörder Ziegelei (Taf. III, Fig. 49—54), daselbst Steinfabrik genannt, ist mit der Rückseite an einen Hügelabhang angelehnt, welcher, wie aus Fig. 52 und 54 hervorgeht, von rechts nach links hin abfällt. Ueber diese schiefe Ebene erfolgt die Auffuhr des Thones und des Brennmaterials, zu deren Entladung vor den Feuerungen der Brennöfen B, B und vor dem Thonmagazine überwölbte Stutzschächte A, A^1, C eingerichtet sind. An das Thonmagazin schliessen sich parallel zur Längenseite desselben die drei Kollermühlen D, D zur Zerkleinerung von Thon und Charmotte an. Sowohl diese als auch die in der Nähe situirten Knetmaschinen E werden durch eine bei F aufgestellte Dampfmaschine betrieben. Links vom Formraum stehen die Trockengerüste; in demselben Raum Dampfpressen G zum Nachpressen der Ziegel. Durch die Thüre H communicirt die Trockenkammer mit dem Gebäude der Brennöfen, eine Communication, die nicht sehr bequem erscheint; allein die Verbindung mit dem Magazine für fertige Waare scheint gut und bequem zu sein.

Sehr gut ist der Brennofen für Charmotte gelegen, welcher durch Thüren direct aus dem Thonmagazin C besetzt werden kann und zur Charmottemühle D ebenfalls ganz nahe gelegen ist.

In K sind zwei Pressen zur Anfertigung der Düsen für die Bessemer-Retorten aufgestellt. Die sonstige Einrichtung und Vertheilung ist aus den deutlichen, beschriebenen Zeichnungen zu entnehmen.

Zur zweiten Art, den Quarzsteinen oder Quarzziegeln, gehören die Dinas- oder die Flintshiresteine, welche aus

Quarz mit wenig Kalk und sonstigen accessorischen Beimengungen in geringer Menge bestehen.

Bekanntlich benutzt man dazu einen Sandstein im Neaththale in Südwales, welcher theils als Felsen, theils als Sand vorkommt. Nach der Angabe von Percy[1]) wird das hellgraue, an den Kanten durchscheinende Gestein mit dem Bruch des krystallinischen Quarzes, mit Ausnahme der zu harten Partien, zwischen gusseisernen Walzen zu einem groben Pulver zerdrückt, mit 1 Procent Kalk und einer hinreichenden Menge Wasser gemengt, die Masse in eiserne Formen gebracht und darin auf einer eisernen Unterlage mittelst eines Stempels gepresst.

Das Formen der Ziegel geschieht mittelst einer Handpresse[2]) in eisernen Formen zu je zwei Stück und zwar macht ein Arbeiter an der Presse in 12 Arbeitsstunden 2500 Ziegel fertig. Das Trocknen derselben erfogt auf den eisernen Platten, auf welchen sie aus der Presse kommen, in einer geheizten Trockenkammer, welche sie nach einem Tage in solchem Zustande verlassen, dass sie ohne Gefahr in den Brennofen gekarrt werden können.

Der Brennofen ist ein runder, von 3,8—4,5 Meter Durchmesser und 4 M. Höhe, welcher etwa 30 Mille Steine von 24 Cm. Länge fasst. Er hat an seinem Umfange 6—8 Feuerungen zur Verwendung von Steinkohlen geringster Sorte. Die obersten Schichten sind gewöhnlich nicht vollständig gar gebrannt, sie werden bei dem nächsten Brande zur Herstellung der Feuergassen benutzt. Sie werden dann meistens durch zu starkes Brennen unbrauchbar; indessen werden die besten als zweite Sorte ausgesucht, der Rest wird wieder gepocht und von Neuem zu Steinen verarbeitet. Das Brennen dauert im Durchschnitt 7 Tage und werden die Steine auch eben so lange abgekühlt.

Diese Steine, welche auf dem Bruche grobe, unregelmässige, graulich-weisse Quarzstückchen, von einer hellbräunlich-gelben, feineren, zuckerartigen Masse umgeben zeigen, wachsen[3]) im Feuer, statt zu schwinden. Sie leiten darin die Wärme sehr wenig.

Flugasche, Metalloxyde, namentlich stark basische Schlacke, greift die Quarzsteine begierig an. Raschen oder häufigen Temperaturwechsel vertragen sie, wie das auch bei dem Quarz der Fall

[1]) Percy's Metallurgie 1861, Bd. I, S. 236.

[2]) Je magerer das Gemenge und je mehr die feinere Grundmasse darin überwiegt, um so mehr erscheint es Bedingung, dass das Pressen mit Ausübung des grössten Druckes geschieht und ist event. ein wiederholtes Pressen zu empfehlen.

[3]) Nach Benrath (Glasfabrikation S. 159) dehnen sich die Dinassteine aus bis etwa zur hellen Rothgluth, dann aber bei weiterem Erhitzen hört die Volumzunahme auf, ja es tritt sogar eine geringe Contraction ein.

ist, **nicht**, brennen sich mürbe und schwammartig, und werden besonders die eisenhaltigen Dinassteine bei reducirenden Einwirkungen in heftigen Hitzgraden um so rascher zerstört. Beim Aufbewahren sind dieselben vor Feuchtigkeit und Wasser zu schützen, welches letztere sie begierig einsaugen.

Beim Vermauern kommt viel auf die Güte des Dinascementes und dessen richtige Zusammensetzung an.

Im Allgemeinen dasselbe, doch im Einzelnen etwas abweichend, berichtet Schmidt über die Fabrikation der Dinas. Er bezeichnet als Rohmaterial 97—98 Procent Quarzsand, der 1½—2 Procent Eisen und Thonerde mit Spuren von Kalk enthalte. Der kleine Zusatz, sagt Schmidt, bestehe aus Kalk, Thon und Wasser; die Masse werde fest zusammengepresst und in sehr starker Hitze gebrannt. Die ausserordentliche Dauerhaftigkeit der Steine bei continuirlicher Feuerung wird hervorgehoben.[1])

Hinsichtlich der Art des Zusatzes des Kalkes berichtet J. Wiborgh in Jern Contorets Annaler 1873, p. 97[2]):

Die Mischung mit dem Kalkbindemittel erfolgt in einem Raum mit wasserdichtem Fussboden, auf welchem die Quarzmasse 45 bis 60 Cm. hoch gleichmässig ausgebreitet wird. Zwei Wänden entlang wird eine gegen 30 Cm. breite Rinne offen gelassen. In einem Nebenraum befinden sich neben dem Kalkofen zwei Tröge, in deren oberen die erforderliche Kalkmenge, etwa 1,5—2 Proc-, mit Wasser angerührt, aus welchem sie dann in den unteren Trog abgelassen wird; von letzterem fliesst die Kalkmilch nach kurzem Abstehen in die Rinne. Diese wird dann möglichst schnell mit dem Conglomerat zugeschüttet und die Masse durch vier- bis fünfmaliges Umstechen von einer Wand des Mischraumes zur anderen gleichförmig gemacht. Darnach wird dieselbe noch einige Male mit den Füssen durchgetreten.[3])

Anderwärts wendet man den Kalk auch in anderer Form oder ferner andere Bindemittel an.

Die Comp. des fonderies et forges de Terre-Noire, la Voulte

---

[1]) Dingler's Journ. Bd. 205, S. 384.

[2]) Dingler's Journ. Bd. 210, S. 269.

[3]) Nach Kerpely findet bei Verarbeitung einer Quarzmasse in einer Knetmaschine durch Reibung zwischen den Stahlmessern und den scharfen Quarzkörnern eine bedeutende Wärmeentwickelung statt. Diese Wärme kann einerseits günstig wirken zur Beschleunigung der Erweichung des Thones, wird jedoch das Schlagen mit der von der Knetmaschine austretenden noch warmen Masse vorgenommen, so erweisen sich die Ziegel nach dem Brennen mehr gebrechlich. Bei quarzreichen Sätzen ist es daher besser, die noch warme Masse in geschlossene Kästen zu bringen, hierauf mit angefeuchteten Stücken zu bedecken und 10 bis 12 Stunden abkühlen zu lassen.

et Bessèges (franz. Patent) stellt die Dinassteine dar, indem reiner Quarzsand mit einer gesättigten Chlorcalciumlösung gemischt und die breiige Masse zu Steinen geformt wird. Beim Brennen bildet sich eine Kalkverbindung, welche die Quarzmasse zusammenbackt.[1])

In Deutschland und Oesterreich wird als Bindemittel in einigen Fabriken Thon und zwar in einer Menge bis zu 10 und selbst 15 Procent genommen.[2])

In Belgien wendet man nach einem eigenthümlichen Verfahren Magnesia unter wahrscheinlich noch sonstigem Bindezusatz an.

Auch in England werden ausser den weissen Dinassteinen, mit Kalk als Verkittungsmittel, rothe ohne Kalkzusatz angefertigt, bei denen dieser durch Eisen substituirt erscheint. Letztere sind, wie erwähnt, in hohen Temperaturen bei reducirenden Einflüssen weniger widerstandsfähig.

Ein neues, nicht basisches, bis jetzt nicht näher bekanntes Bindemittel zur Herstellung einer plastischen Masse aus gepochtem Quarz oder Quarzsand ist von Anreiter in Voitzberg (Steiermark) auf dem Kremser Gussstahlwerk in Anwendung gebracht worden. Die Masse erfordert zu ihrer Erhärtung in 3—6 Tagen kein Brennen derselben, sondern eine bis auf 60 Grad successive erhöhte Temperatur. Nach Mittheilungen des Erfinders eignet sich die Masse für jede Art von Ofenbau, indem sich dieselbe zu Ziegeln formen lässt, oder auch die Oefen durch Ausstampfen der Ofenwände hergestellt werden können, und besteht aus 94 Proc. Kieselsäure und 6 Proc. kieselsäurehaltiger Bindemasse, welcher Zusatz gemäss anderweitiger Notiz 35 Kreuzer österr. W. kostet.[3])

Von einem feuerfesten Cement von Neuenhäuser wird angegeben [4]), bei nicht ganz 3 Proc. Thonerde binde er 93,05 Proc. Kieselsäure. Das Material ist beliebig formbar, lässt sich auch giessen und soll ohne Risse zu brennen sein und unbedeutend schwinden.

Bester englischer Dinasstein und leitendes Princip bei dessen Anfertigung. — Der beste, d. h. pyrometrisch sehr hoch stehende englische Dinasstein, welcher äusserlich von weisser Farbe mit einem Stich ins Gelbliche (hier und da zeigen sich dunklere, schwammartig eingesogene Eisenflecke), ist wie mit einem Guss (oder einer Haut) sehr gleichmässig überzogen, gleichsam kandirt, scharfkantig, compact und fest. Erst durch mehrmaliges, kräftiges Schlagen mit dem Hammer ist der Stein in Stücke zu

---

[1]) Deutsche Industrie-Ztg. Februar 1873.

[2]) Khern, polytechn. Centralbl. 1866, S. 164.

[3]) Töpfer-Zeitung 1874, S. 119.

[4]) Dingler's Journ. 1875, S. 373. Ferner s. weiter unten feuerfeste Cemente.

bringen. Er lässt keine Risse bemerken. Der Bruch hat das eigenthümlich zuckerartige Ansehen und zeigt eine feinkörnige, weisse, kaum hellgelbliche, vielfach löcherige Grundmasse mit den bezeichneten zerstreuten, eigenthümlich abgeblassten, röthlichen Flecken, in welcher gröbere, weisse oder grauliche Sandsteinstückchen bis zur Grösse einer halben Erbse, und wenig grössere, eingebettet liegen. — Die Grundmasse bildet mit den gröberen Theilen ein völliges Continuum, ein inniges Conglomerat. Ich fand in dem weissen Stein 2,07 Proc. Kalk neben 0,5 Proc. Eisenoxyd. In dem rothen eisenhaltigen Dinasstein betrug der Eisengehalt 1,10 Procent.

Nach einer Analyse des k. k. Probiramtes in Wien[1]) wurde übereinstimmend in einem englischen Quarzziegel 2,15 Proc. Kalk neben 0,48 Proc. Eisenoxyd und 1,20 Proc. Thonerde gefunden; dagegen fand sich in einem aus der Ziegelmasse gelösten grösseren Quarzstück nur 0,50 Proc. Kalk neben 2,20 Proc. Eisenoxyd und Thonerde. Die Grundmasse für sich enthielt 2,30 Proc. Kalk neben 2 Proc. Eisenoxyd und Thonerde.

Pyrometrisch verhält sich der weisse Dinasstein als Ganzes höchst schwerschmelzbar. Das feinste Durchnittspulver bis zur völligen Platin-Schmelzhitze erhitzt, ist aussen ohne Glanz und staubt noch ab beim Schaben mit dem Messer.

Als leitendes Princip ergibt sich bei diesen besten englischen Steinen, dass sie so kieselreich, als es nur irgend angeht, dargestellt werden. Die theoretisch entgegengesetzte Aufgabe grösster Schwerschmelzbarkeit der ganzen Masse und wieder schmelzartige Erweichung, wenn auch partiell beschränkt, behufs der innigsten Verbindung der Theile unter sich, um dem Fabrikate einen ausreichenden äusseren wie inneren Zusammenhalt, genügende Festigkeit und Continuität zu geben, ist von den Engländern in der den Doppelzweck am vollkommensten erfüllenden Weise gelöst worden. Ausser einem ganz vorzüglichen Rohmaterial ist die Fertigstellung als eine vollendete zu bezeichnen.

Diese grössere Festigkeit ist nur zu erzielen durch eine gewisse innigste, chemische, im Feuer flüssige Verkittung der feinsten Theile unter sich wie dieser mit den groben.

Es reicht dabei nicht aus, dass das gebrannte Fabrikat nicht nur eine genügende steinähnliche Festigkeit besitze, sondern es ist höchst wünschenswerth, dass schon dem lufttrockenen Stein ein ziemlicher Zusammenhalt gegeben werde, um ihn völlig unbeschädigt und ohne zu viel Mühe in den Ofen bringen zu können.

---

[1]) Dingler's Journ. Bd. 204, S. 419.

Dieser dreifache Zweck: grösste Schwerschmelzbarkeit der ganzen Masse und doch wieder partielle schmelzartige Verkittung unter sich wie ein genügender Zusammenhalt bereits des lufttrockenen und um so viel mehr des gebrannten Steines erfordert bestimmte Zusätze und diese in bestimmter Menge[1]) wie auch Beschaffenheit. Mit nur und zumal einem geringen Aetzkalkzusatze ist nicht immer zum Ziele zu gelangen.

Im Einzelnen ist bei Herstellung des Dinassteines zu unterscheiden zwischen Grundmasse, welche als Formmittel dient, und grobem Zusatze. Je feiner und verhältnissmässig gleichmässiger das Korn der ersteren, eine um so besser formbare Masse ist daraus zu gewinnen, doch brennt sich eine solche um so günstiger, wenn sie zugleich gröbere Theile enthält.

Jede Steinmasse muss, wie gesagt, aus feinsten, mittelfeinen und gröberen Theilen bestehen und liegt das mechanische Geheimniss in deren richtigem Verhältniss und Anordnung.

Mit allzugrosser Feinheit der Grundmasse tritt eine grössere Rissigkeit des fertigen Fabrikats ein, wie auch event. die Schmelzbarkeit zunimmt; andererseits nimmt mit der Vermehrung des groben Zusatzes und dessen Korngrösse die Festigkeit und Dichtigkeit des Ganzen ab.

Der grobe Zusatz in den englischen Steinen besteht aus scharfkantigen, ziemlich festen Sandsteinstücken von der Grösse einer halben Erbse bis zu der einer halben Haselnuss.

Durch ein vorheriges starkes Glühen wird die Zerkleinerung erleichtert, eine grössere Unveränderlichkeit bewirkt und einem Reissen der Masse entgegen gewirkt; doch leidet darunter die Festigkeit beim Brennen des Fabrikats.

Hierzu endlich kommt das nothwendige chemische Bindemittel, von denen, wie oben angegeben, verschiedene anwendbar sind. Dasselbe hat die Verkittung zu Stande zu bringen, wobei das bezeichnete Hauptmoment ist, dass die eingeleitete Schmelzbildung soweit beschränkt bleibt, dass die innere Masse durch und durch nicht und die groben Körner nur ganz äusserlich daran Theil nehmen. Am rationellsten ist dies zu vollführen durch Mittel, deren Anwendung im Minimum schon von Einfluss ist, aber die doch wieder im Verhältniss zum Ganzen von keiner zweckwidrigen Beeinflussung sind und gewiss keine allgemeine Schmelzung zu Wege bringen.

Trotzdem uns die Zusammensetzung[2]) der Dinassteine bekannt

---

[1]) cf. der Verf. Dingler's Journ. Bd. 196, S. 528.

[2]) Etwa zur Herstellung der Dinas zugesetzte flüchtige oder verbrennliche oder auch als löslich sich ausscheidende Stoffe lassen sich durch die Analyse in dem gebrannten Steine nicht nachweisen.

und wir die Beschreibung der Darstellung von Percy besitzen, sowie vereinzelte im Wesentlichen übereinstimmende Angaben darüber in der Literatur, so kennen wir doch deren Fabrikation in allen ihren Einzelheiten noch nicht vollständig und wird dabei gewissen Kunstgriffen eine Hauptrolle zugeschrieben. Jedenfalls steht fest, dass in den verschiedenen Fabriken auf verschiedenen Wegen man zu demselben Ziele gelangt und ist auch je nach den Rohmaterialien die Fabrikation den Verhältnissen und Umständen jedesmal in anderer Weise anzupassen, worüber weitergehende Angaben speciell im einzelnen Falle zu machen der Verf. den betreffenden Fabrikanten anheimstellt.

Bestimmung der Quarzsteine und Forderung der Praxis an dieselben. — In erster Linie werden die Quarzsteine geschätzt wegen ihrer charakteristischen Eigenthümlichkeit, im heftigen Feuer zu wachsen, statt zu schwinden. Als Gewölbsteine sind sie daher vorzüglich gesucht und so namentlich in den Kupferschmelzöfen in Südwales wie auch den Zinköfen. Bei längeren Gewölben kann es sogar vorkommen, dass selbst die stärksten Widerlager, dieser gewaltigen Kraft nachgebend, auseinander getrieben werden oder der Bogen gesprengt wird.

Auf die grosse Schwerschmelzbarkeit kommt es deshalb in manchen Fällen nicht so sehr an; jedoch an den heissesten Stellen, an den Zügen der Regenerativöfen, verschiedener Flammöfen etc. und des Martinofens bei der Stahlbereitung, wo der Entkohlungs- oder Puddelprocess durch entzündetes Gas bewerkstelligt wird, ist ein höchster Grad von Schwerschmelzbarkeit entscheidend. Sie sind da besonders am Platze, wo eine allerheftigste aber sogen. trockene Hitze und ohne Unterbrechung (Abkühlung) auszuhalten ist, d. h. eine solche, wie gesagt, ohne Berührung mit basischen Substanzen, oder mit Asche und Schlacke. Den englischen sehr festen, glasharten Dinassteinen wirft man eine grosse Empfindlichkeit[1] gegen raschen Temperaturwechsel und namentlich eine fatale Neigung zum Abspringen vor, was bei deutschem Fabrikate, so denen der Stolberger Actiengesellschaft für feuerfeste Producte, das eine geringere mechanische Festigkeit und Härte zeigt, wesentlich weniger eintreten soll. Erstere werden in Siemens'schen Glasschmelzöfen für unersetzlich gehalten; wogegen man letzteren zu vielfachen Verwendungen, z. B. zu Gewölben sehr heiss gehender Schweissöfen und zu den Martin'schen Gussstahlschmelzöfen den Vorzug einräumt.

[1] Erhitzt und wieder abgekühlt fallen sie in Brocken auseinander.

Feuerfeste Steine mit absichtlichem und grösserem Kieselsäurezusatze. — Zur dritten Art sind zu rechnen Steine, wie sie am gewöhnlichsten und auch unter der Bezeichnung als halb feuerfeste zusammengesetzt werden, aus: Thon und Quarzsand, oder besser derselbe gewaschen, oder mittelst sortirter, natürlicher oder gestossener Quarz- und auch Feuersteinstückchen, ohne oder auch mit Charmottezusatz.

So unter Andern nimmt man auf 1 Maasstheil Schwarzenfelder[1]) Thon 2 Theile natürlichen oder weit bewährter vorher gewaschenen Sand aus dem Flusse Naab für die Schweiss- und Puddelöfen des Eisenwerks Fronberg bei Schwandorf. Der Thon wird angewendet als feinstes Mehl, Wasser nur bis zur krümelartigen Consistenz zugesetzt und die Masse sehr stark in die Form eingeschlagen. Das Anfeuern muss für die lufttrockenen Steine sehr langsam geschehen. Dasselbe Verhältniss wird eingehalten auf dem Achenrainer Messingwerk. Man nimmt hier Passauer Thon und theils künstlich bereiteten Quarzsand nebst etwas Kohlenklein. Der Quarz aus älterem Gebirge wird geglüht, abgeschreckt, zerkleinert und alsdann durch ein Sieb von 1 Mm. Weite gesiebt und noch gewaschen. Die specielle Ausführungsweise siehe Dingler's Journal Bd. 156, S, 116.

So fertigt man nach Lundin aus 3—5 Theilen Quarz und 2 Theilen Ziegelmehl und 1 Theil rohem holländischen Ballenthon (Vallendarer) Ziegel an für gewöhnliche feuerfeste Zwecke, zur Auskleidung für Ziegelöfen, Essen, Röstöfen, Frischherde etc.

Bei höheren Anforderungen an die Feuerbeständigkeit nimmt man auf 1 Theil Thon 8, 10, 14 bis selbst 16 Theile Quarz. So werden aus 8 Theilen Quarz und 1 Theil des genannten Thones Ziegel für Schweiss- und Puddelöfen fabricirt. Aus 10 Theilen Quarz und 1 Theil rohem Andenne-Thon stellt man höchst schwerschmelzbare Ziegel dar.

Ziegel aus 14 Theilen reinstem Quarz mit 1 Theil Blanskoer Thon geben nach Khern ein sehr widerstandfähiges Fabrikat erster Sorte und in noch höherem Maasse 16 Theile reinster Quarz mit 1 Theil Göttweiger Thon.

Nach Erfahrungen im Grossen muss der Thongehalt mindestens 6 Procent (also auf 1 Theil Thon 16,7 Theile Quarz) betragen, da sonst die Steine zu leicht springen. Ein Gehalt bis zu 80 Procent Kieselsäure wird namentlich bei sogen. Schweisssteinen durchgängig gefunden. Nach Leplay ergibt die mittlere Zusammensetzung der

---

[1]) Dingler's Journ. Bd. 175, S. 447.

bei den Hüttenprocessen in Wales benutzten feuerfesten Materialien einen Kieselsäuregehalt von 79,5 Procent.

Die Verarbeitung vornehmlich quarzhaltiger Masse finden wir auf der von Kerpely wegen der zweckdienlichen Anordnung der Einrichtungen besonders hervorgehobenen ganz neuen Ziegelei feuerfester Steine von Reschitza.

Der Thon gelangt aus der Vorrathskammer durch die Thür g — Taf. IV, Fig. 55, — zur Kollermühle B und von da vermittelst des Elevators G auf den Mischboden H (Taf. IV, Fig. 56). Der Quarz kommt aus dem Hofraum zu dem Pochwerk D, von da zu den Quetschen E und nach vorausgegangener Separation durch F auf den Mischboden H.

Die Zerkleinerung der Materialien geschieht daher in einer von allen übrigen Werkstätten abgeschlossenen Räumlichkeit, was für die Gesundheit wohlthätig und auf die Leistung der Arbeiter ausserordentlich günstig einwirken muss. An die drei Knetmaschinen J — Taf. IV, Fig. 55, 56 u. 57 — schliesst sich das Formlocal mit den Arbeitstischen an; dann folgen, ganz passend gelegen, die mit Luftheizung gewärmten Trockenkammern; gegenüber diesen liegen die mit einem Eisenblechdach überdeckten Ziegelbrennöfen, und an diese schliesst sich wieder das Magazin für trockene Steine in ganz geeigneter Weise.

Der Betrieb der Mühlen, der Hebe- und Knetmaschinen erfolgt durch eine Dampfmaschine von 30 Pferdestärken.

Auch gehören hierher z. B. die Gewölbziegel und Zustellungsziegel für Schweiss- und Puddelöfen etc., wie man sie auf den oben genannten österreichischen Werken bereitet, aus:

1 Maasstheil bezeichnetem Binischen und Blanskoer Thon,
11 Maasstheilen Quarz, gepocht und in der Korngrösse bis zu 2 Mm.

Nach 18stündiger Erhitzung auf der Schweissofenbrücke erscheint die Form dieser quarzreichen Steine noch völlig erhalten, wenn sie auch aussen glasirt und theils rissig sind. Viele der namentlich aus Rohkaolinen angefertigten Steine sind ähnlich zusammengesetzt, wenn sie auch meist thonhaltiger sind.

Feuerfeste Steine mit verschiedenen fremdartigen Zusätzen. — Hier sind anzuführen:

a. Die Cokssteine, ein Gemenge von gesiebtem Coksklein mit wenig Lehmwasser, auf den Oberharzer Hütten zum Ausmauern der Bleiöfen von E. Kast angewendet und für Ziegelofenwände empfohlen.[1]) Sie bilden mit der Beschickung keine Schlacke, leiten

---

[1]) Notizbl V, S. 217.

die Wärme sehr schlecht und kommen billig zu stehen. Dieselben halten sich lange im Feuer, indem der Lehmüberzug die Kohle vor Verbrennung schützt und andererseits die Kohle den Lehm am Zusammenschmelzen verhindert.

b. Magnesitziegel, zu St. Katharin in Steiermark dargestellt. Sie sind recht leicht, doch nicht in hohem Grade schwerschmelzbar. In Platin-Schmelzhitze schmelzen sie zu einer schwach gefärbten Schlacke zusammen und zerfliesst auch bereits der reine Magnesit in demselben Hitzgrade.

Kerpely gibt an, dass man sich auf einigen Hütten in Steiermark zur Herstellung der Hohofengestelle, namentlich wenn basische Beschickungen verschmolzen werden, des Serpentinfelses bedient, welcher durchschnittlich aus 43 Proc. Magnesia, 44 Proc. Kieselsäure und 13 Proc. Wasser besteht.

c. Bauxitsteine[1]), bei denen Bauxit verwendet wird. Dieselben sind seit 1858 von Gaudier empfohlen und widerstehen in unseren Oefen den höchsten Hitzegraden. Auf der Wiener Weltausstellung fanden sich solche als matière première de la Compagnie Parisienne. Proben davon hielten in Platin-Schmelzhitze völlig ihre Form, doch ist der Bruch homogen, krugartig geworden.

Besonders bewährt haben sich, wie oben schon erwähnt, die Ziegel aus calcinirtem Bauxit bei der directen Herstellung von Eisen und Stahl in dem rotirenden Ofen von Siemens. Auch hat man einen Zusatz von Halloisit (ein Mineral, gleichfalls aus basisch-kieselsaurer Thonerde bestehend) zum Thon in Vorschlag gebracht.

An die feuerfesten Steine von gewöhnlichen Dimensionen schliessen sich die oben schon genannten grossen centnerschweren sowie die dicken Blöcke von mehreren Kubikfuss Inhalt, die man je grösser sie sind, mit einer um so grobkörnigeren Charmotte versetzt, um ein poröses, dem Temperaturwechsel widerstehendes Product zu erhalten. Dieselben sind theils würfelförmig, theils mit geneigten Seiten, wie sie für die Wände, Gewölbe und Bänke von Glasöfen erforderlich sind. Die Formen dafür werden mit der betreffenden Thonmasse ausgestampft. Sie sind sehr allmählig zu trocknen und überlässt man sie dem Austrocknen 12—18 Monate; dann werden sie zum Aufbau des Glasofens ungebrannt verwendet.

Handelt es sich bei den feuerfesten Steinen darum, die Hitze zusammen zu halten, wie bei den zu den Regeneratoren verwendeten, so sind sie möglichst dicht anzufertigen.

Feuerfeste Thonplatten von grösseren und stärkeren Dimensionen werden auf die Weise hergestellt (so aus Stourbridge-Thon

---

[1]) Dingler's Journ. Bd. 198, S. 156.

für Wände und Gewölbe von Glasöfen), dass man dieselben in einen auf der Erde liegenden Rahmen mit den Füssen eintritt, die Oberfläche mit einem Streichlineal glättet und den Rahmen abhebt, wo dann die Platte so lange auf den Boden liegen bleibt, bis sie zur Transportfähigkeit genügend ausgetrocknet ist.

Schmelztiegel (creusets, crucibles, melting-pots).

Anforderungen, deren Erfüllung. — Sie müssen nicht nur 1) einen genügenden Grad von Schwerschmelzbarkeit besitzen, sondern 2) ein vollständiges Dichtbleiben in der Hitze bewahren — was von der raschen Ausdehnbarkeit und Zusammenziehung der Masse abhängt, die sie zusammensetzt — geschweige dürfen sie nicht rissig werden oder zerspringen und sollen ferner Widerstand leisten gegen den Druck, wie besonders 3) gegen die corrodirende Wirkung der darin zu schmelzenden Substanzen.

Im Allgemeinen ist vornehmlich den letzteren Bedingungen um so schwieriger zu genügen, je grösser die Tiegel verlangt werden und je mehr ferner von den genannten Anforderungen zugleich gestellt werden, um so schwieriger sind dieselben zu erfüllen.

1) Der erforderliche Grad der Schwerschmelzbarkeit, der bisweilen ein recht hoher sein muss, richtet sich nach der Strengflüssigkeit der Schmelzmasse.

2) Dem Reissen und Springen und überhaupt der Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel wirkt man bekanntlich entgegen durch Zusätze, die jedoch in zu grosser Menge oder zu grobem Zustande angewendet die Masse undicht und wenig fest machen. Man gibt daher den Thonen den Vorzug, die sich bei dem erforderlichen Hitzgrade nicht glasig, sondern mehr lavaartig brennen, da erstere Temperaturwechsel schlecht vertragen. Das Dichtbleiben befördert man durch Herstellung eines nicht allzufeinen, gleichmässigen und geschlossenen Kornes, wie grosser Sorgfalt beim Formen und Trocknen.

3) Zur Ermittlung des Grades der Durchdringlichkeit von Tiegeln schmilzt man in denselben, wozu man sich erst kleiner Probirtiegelchen bedienen kann, Schwefelmetalle (Schwefelkies, Bleiglanz) oder Bleioxyd oder ein Gemisch von diesem und Kupferoxyd und beobachtet, ob dieselben in Folge der Capillarwirkung durch die Poren des Tiegels hindurch sickern oder wie lange der Tiegel solche Schmelzungen aushält, ohne durchfressen zu werden.

Die Corrosion zwischen Theilen der feuerfesten Materialien und der Schmelzmasse ist wegen der nicht zu beseitigenden Verwandtschaft zwischen ersteren und der letzteren nicht ganz zu

vermeiden, man sucht ihr aber entgegen zu wirken, z. B. bei Schmelztiegeln durch Verstärkung der Tiegelwände, Anwendung von Zusätzen, wie Kohle oder solchen, welche keine freie Kieselsäure (Quarz), sondern mit Basen mehr oder weniger gesättigte (Charmotte) enthalten, sorgfältige Zubereitung des Thones, Hervorbringung grosser Dichtigkeit, oberflächlicher Glätte und starkes Brennen.

Namentlich greifen Alkalien und gewisse Metalloxyde die Thonmasse leicht an, besonders Blei- und Antimonoxyd.

Eintheilung. — Analog wie bei den feuerfesten Steinen lassen sich die Tiegel eintheilen nach den wesentlichen Versatzmitteln des Thones bei Darstellung der Tiegelmasse oder man kann sie auch eintheilen nach den Materialien, die darin geschmolzen werden, wie nach den verschiedenen Zwecken, wozu sie gebraucht werden.

Erstere Eintheilung, welche eine übersichtlichere Ordnung gewährt, wollen wir festhalten.

1. Charmottetiegel,
2. Quarzhaltige Tiegel,
3. Kohlenhaltige Tiegel mit drei Unterabtheilungen und
4. Sonstige feuerfeste Tiegel.

1. Charmottetiegel.

Hier sind zu nennen die belgischen Tiegel. Der bekannte belgische Thon wird, wie oben bei den feuerfesten Steinen näher beschrieben, getrocknet, gereinigt, gemahlen, gesiebt, wobei für Tiegelmasse feinere Cylindersiebe angewendet werden, um ein ganz feines Thonmehl zu erhalten. Zur Herstellung der Charmotte wird der Thon gebrannt und gemahlen und werden ähnliche oder mehr fette Verhältnisse zwischen frischem Thon und Charmotte, im Allgemeinen von 1 zu 2, eingehalten. Die Fabrikation der Tiegel ist folgende.[1])

Anfertigung der Tiegel. — Entweder geschieht das Anfertigen mittelst der Töpferscheibe oder in Formen von Metall, Messing, Thon und Holz etc. und zwar mittelst der Hand oder Maschinen oder durch Umlegen von Thonwülsten um Matrizen oder durch Giessen der Masse.

Bei einer Benutzung von Formen, wie dies in Belgien in Gebrauch ist, entnimmt der Töpfer von der präparirten Masse einen Ballen, den er zunächst zu einem Cylinder formt, der 30 Cm. hoch und 18 Cm. breit ist. Er bestäubt den Ballen unten und an den Seiten mit gebranntem Thonpulver, bringt denselben auf ein Boden-

[1]) Nach dem Französischen von Challeton, l'art du briquetier pag. 241, Töpfer-Ztg. 1872, Nr. 5 u. 6.

brett und umgibt ihn mit zwei cylindrischen Gussstücken von 22 Cm. Durchmesser, welche von einem eisernen Reifen zusammen gehalten werden, der 2 Cm. dick und 6 Cm. breit ist. Dieser Reifen besteht aus zwei Stücken mit einem Charnier und einem Vorstecknagel, welcher mit einem Hammer eingetrieben wird. Die beiden Gussstücke bilden das Innere einer Formhülle, welche aus 6 Segmenten zusammengesetzt, die erste Form einschachtelt. Die ganze Tiegelform zeigt die Form eines vertikalen Cylinders von 1,11 M. Höhe bei 22 Cm. Durchmesser.

Zu St. Léonhard gebraucht man statt gegossener nur Holzformen (weil eiserne häufig nicht genau genug passen), die sich an Charnieren öffnen. Sie sind von zwei Cylindern gebildet, die 56 Cm. über einander gestülpt sind. Sie sind auf ihrer ganzen Länge mit Eisenstangen garnirt, welche gegenseitig in einander greifen. Diese Disposition hat zum Zweck, dass ein Cylinder sich nicht gegen den anderen drehen kann, wie das bei den gegossenen häufiger der Fall ist. Uebrigens kann man in der Praxis solches auch dadurch vermeiden, dass an den inneren Segmenten kleine Zapfenlöcher sich finden, in welche Stifte der Aussenwandung eingreifen. In allen Fällen steht die Form zur Seite des Arbeiters und ist mit gebranntem Thonmehl ausgepudert. Nachdem das präparirte Thonstück aus zwei Stücken von der Form umhüllt ist, ergreift der Arbeiter ein Stampfholz, taucht es ins Wasser und rammt damit so lange auf den Thon, bis dieser an den Formwänden empor getrieben ist und das Stampfholz den nackten Formboden trifft. Darauf zieht er das Holz zurück, nimmt einen neuen Thonballen, wirft ihn mit Gewalt in die Form und formt durch abermaliges Stampfen den Boden.

Um den aus dem Groben gearbeiteten Cylinder nachzugleichen, gebraucht der Arbeiter eine Schablone von Holz, 2 Cm. dick, 16 Cm. breit und 50 Cm. lang. An der Schneide ist sie mit einem Blatt von 2 Mm. Stärke garnirt und hat einen Stiel von 60 Cm. Länge.

Zu Vieille Montagne braucht man für diese Operation nur eine Schablone für den oberen Tiegeltheil von 40 Cm. Länge. Man taucht sie in Wasser und führt sie mitten in die Tiegelöffnung, in der sie zwei- auch dreimal umgedreht wird. Dabei muss sie ganz vertikal gehalten sein und nicht zu tief herunter gelassen werden, damit der Tiegelboden eine Stärke von 3—4 Cm. behält. Den Thon, welcher sich auf diese Weise abschabt, entfernt der Arbeiter mit der Hand und wirft ihn auf den Tisch. Mit den Fingerspitzen formt er einen Rand an den Tiegel, der über die Form hinaussteht. Auch polirt er das Innere dieses Tiegeltheils mit einem zurückgebogenen Zinkblech, indem er es von unten nach oben heraufzieht.

Um den zweiten Tiegel dann zu formen, rollt der Arbeiter auf dem Tisch ein Thonstück zu einer Wulst von 1—1½ M. Länge aus. Er führt diese Thonrolle zur Oberkante des bereits fertigen Theils und drückt sie schraubenförmig an der Formwand herum. Sein Daumen fügt dabei die successiv entstehenden Nähte durch Druck zusammen, indem sich dann eine Reihe Spuren des Daumens von schwacher Tiefe bemerklich machen. Gegen diese Fläche wird ein einigermaassen cylindrischer Formstock mit rundlicher Oberfläche geführt, der 40 Cm. lang ist. Der Arbeiter beginnt mit der Hand von unten nach oben zu glätten. So setzt er dem zweiten den dritten Tiegeltheil an, vereint sie mit einem Rundeisen und drückt nun den Thon mit der Hand gegen die Form. Er vervollkommnet solche Arbeit dadurch, dass er fortwährend auf den Rand des Tiegels stösst, indem dessen Inneres immer weiter aufwächst, und der Arbeiter bedient sich dazu eines Holzstöpsels von 8 Cm. Durchmesser, der 25 Cm. lang ist und einen Stiel von 20 Cm. Länge besitzt.

Nach dieser Operation bedient er sich wieder der Schablone, entfernt wie früher den abgestreiften Thon mit den Fingern und glättet mit der Zinkklinge nach. So wird denn auch der dritte Theil des Tiegels fertig gemacht, nur lässt man den oberen Rand nicht allein überstehen, sondern mit Hülfe einer Thonrolle, die den halben Cylinder umschliesst, formt man eine Tülle, welche über die Randperipherie hinausspringt. Sie hat ungefähr eine Höhe von 6 Cm. und verstärkt an diesen Stellen die Tiegelwand.

Man glättet mit den Händen und einem zweischneidigen Messer den oberen Rand des Tiegels und damit ist er vollendet.

In der Hütte von Corfali haben die Tiegel keine Tüllen.

Um die Tiegel nach der Werkstätte zu transportiren, wo sie trocknen sollen, lässt man dieselben in der Form und rollt sie, indem man sie um einiges neigt, auf dem unteren Rande. Wenn sie an Ort und Stelle sind, entfernt man die eisernen Bänder, welche die verschiedenen Segmente zusammenhalten, und fördert die Formstücke an jene Stelle, wo wieder ein Werkstück darin angefertigt wird.

Jeder Arbeiter hat drei Formen, so dass, wenn er zwei Tiegel fertig hat, er sich genöthigt sieht, von dem dritten die Form abzunehmen. Er unterstützt hernach den freistehenden Tiegel mit drei angelegten Brettern, die abgestreift und mit Holzringen zusammengehalten werden. So steht der Tiegel zum Trocknen während 8—10 Tagen. Oft zieht er sich nach der Seite, von wo die Hitze kommt; man sucht das dann durch Drehen auszugleichen. Wenn der Tiegel genügend trocknete, um sich selbst zu tragen,

polirt ihn der Arbeiter mit der angefeuchteten Hand oder mit einem kleinen Schaber. Jeder Arbeiter setzt seine Ziffer an den Hals des Tiegels. Zu Angleur ist sogar das Datum vermerkt, wann der Tiegel fabricirt ist.

Aus diesen Werkstatträumen, wo die Tiegel geformt und getrocknet werden, gelangen sie noch in besondere Trockenkammern, welche an der Decke Oeffnungen haben, aus denen der Dunst abzieht. Gewöhnlich 60 Cm. über dem Boden ist ein Holzgitter errichtet, auf dem die Tiegel einer neben dem andern stehen, und unter dem Gitter laufen Heizcanäle.

Zu Moresnet sind zu dem Zwecke einfach zwei Oefen vorhanden, die mit Steinkohlen geheizt werden und wo Röhren von 3 Cm. Durchmesser sich ihrer ganzen Länge nach durch die Schwitzstube ziehen.

Zu Angleur ist dieselbe mit dem abziehenden Dampf der Maschine, welche die Mühle und den Thonschneider treibt, bewirkt.

Auf diesen Hütten sind zwei Trockenkammern, die eine mit einer Temperatur von 30° R., die andere von 40° R., in der man die Tiegel so lange als möglich lässt, 14 Tage bis 2 Monate.

Zu Angleur sind solche Trockenräume unter den Arbeitsräumen angelegt und man transportirt die Tiegel durch eine Fallthür und auf schiefer Ebene dorthin.

Zu Corfali steigt die Trockentemperatur nicht über 20 Grad.

Zu Prayon ist die Trockentemperatur noch geringer, denn das Trocknen wird in der Werkstatt selbst vorgenommen. Zu Andenne ist die Temperatur wenig höher, als die gewöhnliche, sie dauert indess 2 Monate. Auf der Hütte zu Prayon wird das Brennen der Tiegel in der kürzesten Zeit vorgenommen. Schon nach 12 Tagen hält man sie für gut, um sie in den Ofen setzen zu können.

Grösse der Tiegel. — Ihre Dimensionen sind fast überall dieselben. In den Hütten der Vieille Montagne, mit Ausnahme der von St. Leonhard, haben die Tiegel nach dem Brennen 15 Cm. inneren Durchmesser. Die Wand ist 3 Cm. dick. Was nun die Höhe anbetrifft, so variirt diese je nach dem Schwinden von 1,05 bis 1,10 M. Wenn sie aus der Form kommen haben sie ohne die Tülle eine Länge von 1,11 M. Zu Prayon sind sie ein wenig conisch, haben an der Tülle einen Durchmesser von 196 Mm. und am Boden von 161 Mm. bei 3 Cm. Dicke. Zu Angleur, Moresnet nnd Corfali haben die in drei Theilen gearbeiteten Tiegel 4 Cm. Wandstärke. Zu Prayon ist dadurch der innere Durchmesser 147 Mm. Zu St. Leonhard sind die unteren Theile des Tiegels stärker wie die oberen. Ein gewöhnlicher Tiegel wiegt hier 36 Kilogr. nach dem Brennen.

Fehler der Tiegel. — Diese können verschiedener Art sein. Die einen liegen an der Fabrikation. Solche sind Risse durch nicht beseitigte Luftblasen. Auch ist zuweilen der Boden in nicht genügendem Zusammenhang mit dem Cylinder, wie das aus der Beschreibung der Fabrikationsweise wohl einleuchten mag. Zu Corfali ist dieser Fehler häufiger, weil die Bereitung des untersten Theiles ebenso vorgenommen ist, wie die der beiden oberen. Auf dieser Hütte trägt der Arbeiter unmittelbar, nachdem das Bodenstück geformt und eingesetzt ist, Thonwulste an die aufstrebenden Ueberstände vom Boden bis zum ersten Absatz. Wenn ein Tiegel aber im Allgemeinen gut sein soll, muss der Arbeiter den Tiegelwänden eine gleiche Pressung zukommen lassen, weil sonst die Wände nicht gleich compact werden, und die Schwindung auf diese Weise zu Rissen führt.

Wenn ein Sprung oder irgend ein Fehler am Tiegel während des Trocknens sich zeigt, so bekommt der Arbeiter den Tiegel nicht bezahlt. Daher trachtet dieser die Fehler so weit als möglich zu verdecken und das Glätten der Oberfläche leistet solchem Unternehmen einen nicht unwesentlichen Vorschub. Der Schaden ist indessen dadurch um so grösser, als solche Fehler erst nach dem Brennen sich auffinden lassen und sogar erst bemerkt werden können, wenn die Tiegel zum Schmelzen in Gebrauch genommen werden. Die Fabrikanten können demnach mit dem Sortiren solcher Waaren nicht sorgfältig genug zu Werke gehen.

Arbeitspreise. — Die Former sind zu Moresnet mit 1 Frc. 50. täglich bezahlt. Sie machen dafür etwa 15 Tiegel, welche sie für diesen Preis zu den Trockenkammren und zum Brennofen fördern. Zu Angleur fertigen einige Arbeiter täglich 20 Tiegel und dem entsprechend ist die Löhnung höher. In den beiden Hütten ist der Preis auf 10 Cent. pro Stück normirt. Zu St. Leonhard machen die Arbeiter mit den Holzformen täglich 30 Tiegel. Sie sollen auch besser sein und das scheint auf die dort beobachtete geeignetere Bearbeitungsweise zu deuten. In Prayon wird der Tiegel mit 15 Cent. bezahlt. In Vieille Montagne schätzt man den Tiegel vor dem Brennen auf 2 Frc. Zu Angleur schätzt man ihn nur auf 1 Frc. 75 Cent. In Corfali ist der Preis wieder höher. Die Hütte von Andenne verkauft 100 Kg. Tiegel für 10 Frc., d. h. einen Tiegel mit 3 Frc. 60 Cent.

Hingegen werden die englischen Charmotte-Tiegel, rein aus Stourbridge-Thon, gewissermaassen aufgedreht. Der zubereitete und ausgelesene frische Stourbridge-Thon wird mit etwas gebranntem versetzt, alsdann angemacht und in solchen Klumpen abge-

wogen, wie sie für Tiegel von jedem bestimmten Inhalt erforderlich sind. Diese Klumpen werden hierauf auf conischen Holzblöcken geformt, welche dem Inneren des Tiegels entsprechend gearbeitet sind und auf einem Stocke drehbar in einem Loche einer Bank stecken. Der Former sitzt rittlings auf dieser Bank und arbeitet den Thonklumpen mit den Händen von dem (nach oben gerichteten) Boden der Form an den Seitenwänden entlang herunter, indem er ihn durch die Bewegung der Hände selbst in regelmässige Drehung versetzt; sein einziges Hülfsmittel zum Fertigmachen der Waare ist ein Brettchen, mit welchem er die Aussenwände des Tiegels glatt schlägt und von den Fingereindrücken befreit; dann wird nur noch mit einem Stäbchen die Ausgussnase eingedrückt und der Tiegel dem Trocknen an der Luft überlassen. Selbstverständlich müssen diese Schmelztiegel beim ersten Gebrauche vorsichtig angewärmt werden.

Stourbridge-Tiegel von King in Birmingham, in 25 verschiedenen Grössen, fassen 10—140 Pfund Metall.

Nach Hauston in Texas[1]) werden aus dem in Rede stehenden Thon die besten Schmelztiegel, hauptsächlich zum Schmelzen von Gold und Silber und auch für analytische Zwecke, bereitet aus: 2 Theilen bestem Stourbridge-Tiegelthon und 3 Theilen Charmotte, dessen Körner 3 Mm. gross sind. Das Gemenge muss mit dem nöthigen reinen kalten Wasser versetzt und mit den blossen Füssen bis zur Festigkeit eines steifen Teiges gestampft werden; dann lässt man es 3—4 Tage stehen, nachdem es mit feuchten Tüchern gut zugedeckt worden war, damit ein Ausschwitzen stattfinde und die Thontheile erweicht werden. So kann man die Masse anwenden und vermittelst der Hand auf einer Maschine formen. Wenn die Tiegel trocken sind, bringt man dieselben in den Ofen und brennt sie hart.

Französische Tiegel. — Ferner sind hier anzuführen die französischen Tiegel, welche unter Anderem aus 1 Gewichtstheil belgischem Thon und 2 Gewichtstheilen grobzerstossener Charmotte von demselben Thone angefertigt werden. Der Bruch zeigt jedoch eine feinkörnige Masse. Um ihre Oberfläche recht eben zu machen, erhalten sie vor dem Gebrauch sowohl innerlich als äusserlich einen dünnen Ueberzug von reinem Thon. In höheren Hitzegraden zeigt der Bruch eine steingutartige Erweichung. Ein solcher Tiegel von Beaufay, Temperaturwechsel und das Schmelzen von Glätte gut aushaltend, wie desgleichen von St. Etienne, beide analysirt von Berthier, besteht aus:

[1]) Töpfer-Ztg. 1875, Nr. 18.

	Tiegel von Beaufay,	von St. Etienne.
Kieselsäure . .	64,6	65.
Thonerde . .	34,4	25.
Eisenoxyd . .	1,0	7.

Nach Deville sind von den belgischen Tiegeln die besten die von Coste zu Tilleur bei Lüttich.

Auch gehören hierhin die Probirgefässe (Probirtuten, Blei-, Kupfer- und Eisentuten), bauchige oder cylindrische Gefässe von verschiedenem Grade der Feuerfestigkeit, Schmelztiegel mit wie auch ohne Fuss, bei denen statt des letzteren eine Unterlage (Käse) genommen wird, wie sie z. B. für die Freiberger Hütte angefertigt werden, aus einem in der Nähe von Oberschöna vorkommenden weissen, sehr quarzfreien Thon, welcher nach der Gewinnung in grossen Stücken eingesumpft, gut durchgearbeitet und zu Platten verwalzt wird. Diese werden zu Charmotte gebrannt, gemahlen und dem rohen Thon in solcher Menge durch Treten oder eine Knetmaschine incorporirt, dass derselbe nicht mehr schwindet.

Herstellung der Probirgefässe. — Die Probirgefässe [1]) werden entweder auf der Töpferscheibe gedreht (Blei- und Kupfertuten, grössere Schmelztiegel) oder mittelst Mönchs und Nonne hergestellt (Röst-, Ansiede-, Gaar-, Bleischerben) oder aus freier Hand geformt[2]), indem man sie aus einem Thonballen aufdreht oder wurstförmige Streifen spiralförmig auf einander knetet (grössere Passauer Tiegel), auch wohl die Thonmasse um Matrizen von Holz schlägt (Muffeln, Röhren). Man lässt die geformten Gefässe langsam im Schatten oder bei gelinder Stubenofenwärme, hierauf bei grösserer Wärme so lange trocknen, bis sie beim Kratzen am Boden hart erscheinen, dann werden sie in Töpferöfen mehr oder weniger stark (hart) gebrannt. Grössere Schmelztiegel kommen auch wohl im ungebrannten Zustande zur Anwendung.

Die Aufbewahrung der Probirgefässe muss an einem trocknen Orte geschehen, weil sie sonst beim raschen Erhitzen zerspringen.

Deckel und Untersätze. — Deckel zu den Tiegeln werden aus derselben Masse wie die Tiegel angefertigt. Sie können dadurch erhalten werden, dass man Scheiben aus platt ausgerollten Thonplatten ausschneidet oder auch Stücke von alten Tiegeln dazu benutzt. Zu kleineren Tiegeln fertigt man genau passende Deckel mittelst einer Form an, welche die in Fig. 52 im senkrechten

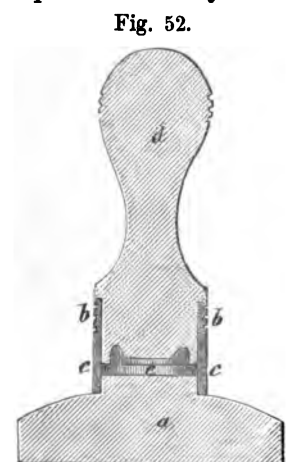
---

[1]) Kerl, Probirkunst, S. 80.

[2]) Die dünnen Porzellantiegel werden in einer aus 2 Theilen zusammengesetzten Gypsform, deren Höhlung der äusseren Oberfläche entspricht, gegossen. Man füllt die Form mit dem sorgfältig bereiteten dünnen gesiebten Schlamm von Masse. Kerl, Abriss, S. 163.

Durchschnitt, in $1/3$ der natürlichen Grösse dargestellte Einrichtung hat. a ist ein runder hölzerner Untersatz, auf welchen ein messingener Cylinder b b gestellt ist, der mit mehreren Löchern c c etc. versehen ist; d ist ein cylindrischer Stempel von Holz und am Boden auf die in der Figur angegebene Weise geformt. Dieser Stempel d passt in den Cylinder bb, auf dessen Rand er mittelst einer Verstärkung auftritt, so dass der Raum e bleibt. Ein kleines Stückchen Thonmasse wird in den Cylinder gebracht und der Stempel drehend eingeführt, so dass in dem Raum e ein Deckel geformt wird; der überflüssige Thon entweicht durch die Löcher c c etc. Es wird nun der Stempel herausgenommen und dann der Cylinder von der Unterlage abgezogen, worauf der Deckel auf dieser, die flache Seite unten, liegen bleibt, abgenommen und getrocknet wird.

Fig. 52.



Tiegeluntersätze, kreisrunde, dem Boden des Tiegels entsprechende Steinstücke werden aus einer Masse hergestellt, wie sie für feuerfeste Steine dient.

2. Quarzhaltige Tiegel.

Hierher gehören die hessischen und verschiedene englische Tiegel.

Hessische Tiegel. — Die hessischen Tiegel[1]), welche weltbekannt in verschiedenen Grössen, am Fusse meist rund, oben behufs bequemeren Ausgiessens dreieckig, aber auch wohl oben rund sind, sind zusammengesetzt aus gleichen Theilen Grossalmeroder Thon und ziemlich grobem Sand. Sie vertragen Temperaturwechsel ausgezeichnet, werden aber von basischen Substanzen stark angegriffen. Nach den Versuchen Percy's zerfrisst schmelzendes Bleioxyd dieselben sehr leicht und vermögen sie ihren so verbreiteten und hohen Ruf alter Zeit jetzt nicht mehr zu behaupten. Guten Graphittiegeln stehen sie hinsichtlich leichterer Schmelzbarkeit entschieden nach.

Tiegel nach Hauston. — Nach Hauston (s. oben) werden aus 2 Theilen des besten deutschen Tiegelthons (also etwa des Klingenberger) und 5 Theilen reinen feinen Quarzsandes Tiegel gemacht. Der Quarz, namentlich wenn er in gröberer Form ist, kann gewissermaassen als starres Skelett dem Tiegel im Feuer den nöthigen Halt geben. Diese Mischung muss durch ein 3 Mm. weites

[1]) Dingler's Journ. Bd. 164, S. 116.

Sieb gesiebt, dann angefeuchtet und mit den Füssen geknetet werden. Die hinlänglich trockenen Tiegel werden im Ofen hart gebrannt.

Cornische und von Doulton angefertigte Tiegel. — Die cornischen Kupferprobentiegel sind von runder Form in zwei in einander passenden Grössen, so dass einer in den andern gesteckt werden kann. Die grösseren haben in der Mündung 9 Cm. im Durchmesser und äusserlich 11 Cm. Höhe (Fig. 53 in 1/3 der natürlichen Grösse). Angefertigt werden sie von Juleff in Redruth und Mitchel in Truro aus 1 Gewichtstheil Thon von Teignmouth, 1 desgl. von Pool und 2 Gewichtstheilen Sand von St. Agnes Beacon in Cornwall. Zu den kleineren, weniger feuerbeständigen Tiegeln kommt noch 1/8 Chinathon von St. Austell.

Fig. 53.

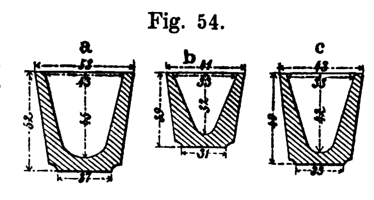
Sie erweichen in heftigem Feuer und werden von schmelzendem Bleioxyd stark angegriffen, vertragen aber in den bezeichneten geringen Grössen raschen Temperaturwechsel und gehören überhaupt zu den zweckmässigsten Tiegeln zu metallurgischen Versuchen.

Nach Berthier bestehen die hessischen und nach Dick die cornischen Tiegel von Juleff und die aus der Lambeth potterie von Doulton & Comp. aus:

	hessische Tiegel.	cornische Tiegel.	Doulton'sche Tiegel.
Kieselsäure	70,9	72,39	79,00
Thonerde	24,8	25,22	22,04
Eisenoxyd	3,8	1,07	2,00
Kalkerde	—	0,38	0,60
Magnesia	—	—	0,17
Kali	—	1,14	1,06

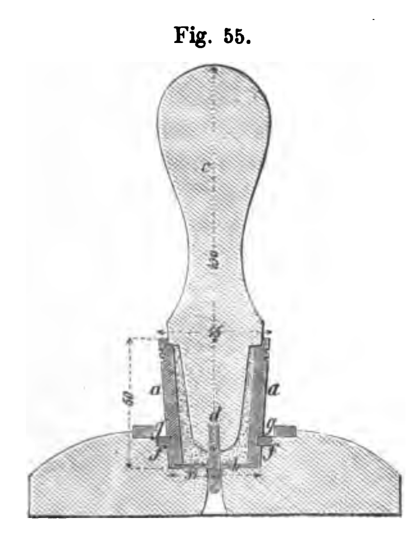
Die Oberharzer Bleierzschmelztiegel oder Bleischerben[1] (Fig. 54) aus nicht sehr feuerbeständigem Goslar'schen Thon bei Sandzusatz werden hergestellt mittelst Form und Stempel oder sogen. Mönch und Nonne (Fig. 55, 56). Fig. 55 a messingne oder bronzene Nonne, auf einem losen Boden b aus gleichem Material mit einer Oeffnung in der Mitte. c hölzerner Mönch mit Leitstift d. Die Nonne a wird dadurch festgestellt, dass deren 4 Zapfen f durch die entsprechenden Oeffnungen g eines auf einem Holzblocke

Fig. 54.



[1]) Entnommen Kerl, Metallurgische Probirkunst, S. 83.

Fig. 55.



aufgeschrobenen Messingringes h niedergesenkt und dann nach Art eines Bajonnetverschlusses seitlich untergeschoben werden. Die geölte Nonne wird mit einem Thonklumpen gefüllt, der geölte Mönch unter langsamem Drehen darin niedergetrieben, dann der Mönch vorsichtig herausgezogen, das durch den Leitstift erzeugte Loch im Boden mit etwas Thon gefüllt und nochmals ein Mönch ohne Leitstift (Fig. 57) eingedrückt, wobei der überflüssige Thon durch einen Ausschnitt in dessen Kranz hervorquillt. Hierauf werden die Tiegel vorsichtig getrocknet und gebrannt.

Fig. 56.

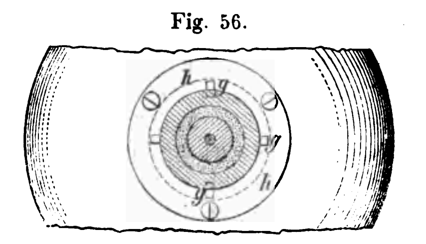
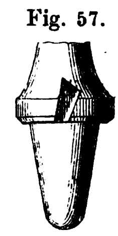


Fig. 57.



3. Kohlenhaltige Tiegel.

a. Reine Kohlentiegel. — Zuerst mögen hier angeführt werden die Tiegel oder Schmelzgefässe, welche man aus Coks oder Kohle allein herstellt, indem man Gasretortencoks auf der Drehbank ausdreht, oder nach Gore aus dichtem Holz Tiegel dreht und diese in einer geschlossenen Muffel verkohlt oder Cokspulver mit Pech anmengt, daraus Gefässe formt und diese bei Luftabschluss glüht. Zur Herstellung der mit Kohle versetzten Tiegel dient entweder gewöhnliche Holz- oder Steinkohle, Coks oder der ungleich wichtigere Graphit. Ein Zusatz von Kohle, Coks und am weitaus besten Graphit zur Tiegelmasse ist, wie wir oben gesehen haben, für Metallschmelztiegel, namentlich Gussstahltiegel, nicht allein zweckmässig, sondern bei gesteigerten Anforderungen unerlässlich.

Wirksamkeit der Kohle in einer Tiegelmasse. — Auch der allerstrengflüssigste Thon allein vermag den geschmolzenen Me-

tallen und besonders flüssigem Stahl nicht lange Zeit Widerstand zu leisten. Ist dem feuerfesten Thon dagegen Kohle beigemengt, so widersteht er, so lange dieselbe in einiger Menge vorhanden, vorausgesetzt, dass die Tiegelwand den mechanischen Druck auszuhalten vermag und nicht etwa schadhaft ist. Die Kohle spielt dabei, wie zum Theil oben schon entwickelt worden ist, eine mehrfache Rolle. Sie verhindert selbst den leisesten Anfang von Oxydation des Metalls, das als solches keine Verbindung mit den Thonbestandtheilen einzugehen im Stande ist. Zweitens erhöht aber auch direct die Kohle die Schwerschmelzbarkeit des Thones, da die Kohle an sich bekanntlich zu den allerschwerstschmelzbaren Körpern gehört und daher, in je unverbrennlicherem Zustande sie sich befindet, wie das beim Graphit der Fall ist, um so länger wird dadurch der Thon in überraschendster Weise geschützt. Das Bindevermögen hingegen nimmt ab mit dem zunehmenden Kohlengehalt.[1]) Drittens bewirkt die Kohle, und besonders wieder der Graphit, wegen seiner grösseren Wärmeleitung, dass Tiegel, deren Masse damit versetzt ist, eine rasche Erhitzung gut vertragen und das Metall darin schneller schmilzt. Ferner wird dadurch die Widerstandsfähigkeit gegen raschen Temperaturwechsel erhöht und wird durch den Graphit die Glätte der Wandungen vermehrt, was bei dem Ausgiessen der geschmolzenen Metalle sehr zu Statten kommt.

Je mehr ein Graphit alle die genannten Eigenschaften oder Vorzüge in sich vereinigt, um so geeigneter ist er und kommt daher bei hoher, gesteigerter Anforderung ausserordentlich viel auf die richtige Auswahl der Graphitsorte selbst und noch mehr als auf die des Thones an.

Eine relative Erhöhung der Schwerschmelzbarkeit des Thones findet durch reinen Kohlenzusatz stets statt[1]), doch wächst sie mit der Schwerschmelzbarkeit und zugleich Fettigkeit des Thones. Stellen sich mit letzterer Eigenschaft ungünstige physikalische Erscheinungen ein, neigt z. B. der Thon zur Rissigkeit, so ist um so mehr durch eine Erschöpfung aller bekannten desfallsigen Mittel auf die Homogenität der Tiegelmasse hinzuwirken. Die Entfernung etwa sich vorfindenden Schwefelkieses ist stets sorgfältig zu beachten.

b. Graphittiegel. Zubereitung der Materialien und Vorbereitung der Graphittiegelmasse. — Der zu verwendende feuerfeste Thon wird zuerst fein pulverisirt und nachdem, wie wir als Regel kennen gelernt, auftauchende Unreinigkeiten sorgfältig vorher ausgeschieden

[1]) cf. der Verf. Dingler's Journ. 167, S. 34.

und er zu dem Zwecke vorher scharf getrocknet (bis zu 120° C.) in einer Stampf- oder meist Kollermühle in ein gleichmässig feines Mehl verwandelt. Ebenso wird der Graphit zermahlen und gesiebt, der, wenn er von ungleichmässigem Ansehen ist oder sichtliche Unreinigkeiten, Beimengungen, etwa mit Ausnahme von Quarz, enthält, zu verwerfen ist.

Wird Ceylon-Graphit[1]) angewendet, so ist die feine Zertheilung aller derben Graphitknötchen um so sorgsamer auszuführen, als damit die Wirksamkeit ganz ausserordentlich zunimmt. Er zerfällt alsdann in unendlich viele Blättchencomplexe, wovon jedes gewissermaassen eine zu durchdringende Schicht für sich bildet.

Die Darstellung eines Pulvers von gleichmässiger Feinheit ist für den Thon in feinster und für den Graphit in etwas gröberer Form als Regel zu beachten.

Charmotte setzt man zur Graphittiegelmasse, wenn dieselbe Neigung zum Springen oder Bersten zeigt.[2])

Thonmehl und Graphitschuppen werden hierauf im trocknen Zustande mit einander innig gemengt. Das Verhältniss der Mischung ist ein verschiedenes, je nach den an die Tiegel gestellten Anforderungen, und abhängig von der Beschaffenheit sowohl des Thones wie des Graphits. Bei den besten englischen Graphittiegeln findet man die drei Verhältnisse: auf 1, 2 und 3 Gewichtstheile Thon 1 Theil Graphit. Die Mischung aus Thon und Graphit wird mässig angefeuchtet und zur gleichmässigen Durchfeuchtung einige Zeit liegen gelassen. Alsdann bringt man sie in einen Thonschneider, in welchem sie reichlich in gleichmässigster Weise durcharbeitet wird, formt daraus Ballen und lässt diese mehrere Wochen lang in einem Keller zur Durchfaulung lagern. Sind die Ballen äusserlich abgetrocknet, so sind sie in der Mitte mittelst eines Drahtes mit zwei Knebeln durchzuschneiden und die beiden Hälften nach dem Umkehren mit Gewalt auf einander zu schlagen. Diese Operation wird so oft wiederholt, bis die Masse durchaus gleichmässig knetbar ist und durch und durch homogen erscheint.

Anfertigung der Graphittiegel. — Die in keinem Falle, und

---

[1]) Derselbe ist wegen seiner blättrigen Structur und grösseren Dichtigkeit gegenüber den derben und amorphen Varietäten vorzugsweise geeignet.

[2]) In bewährten englischen Graphittiegeln, wie in solchen aus einer Dresdner Fabrik, findet man feinkörnigen Quarz beigemengt. Auch soll in letzterer Fabrik Feldspath zur Masse zugesetzt werden, der eine nicht unwichtige gewisse äussere Verschlackung des Tiegels beim Gebrauche zu befördern im Stande ist.

namentlich nicht durch nachherigen Wasserzusatz zu feuchte Masse ist zu formen resp. in die Formen heftigst einzuschlagen, so dass alle Luftblasen herausgetrieben werden und bei möglichst gleicher Wandstärke keine leeren Räume im Innern bleiben. Ueberhaupt ist dabei Sorge zu tragen, dass sich die Masse, so viel als irgend zu erreichen, überall in derselben Weise und möglichst verdichtet. Bei einer ungleichen Wandstärke leiden die dünnen Stellen im Feuer ganz unverhältnissmässig, bei geringerem Widerstand findet daselbst zugleich eine grössere Ueberhitzung statt.

Rascher und fabrikmässiger ist das Aufdrehen der Tiegel, wie es in manchen sonst renommirten Fabriken geschieht, doch spricht dagegen, abgesehen davon, dass die Tiegelmasse dann wesentlich feuchter sein muss und an Dichtigkeit dadurch leidet, die von der Geschicklichkeit und Uebung des Arbeiters viel mehr abhängige Gleichmässigkeit der Boden- und Wandstärke der Tiegel.

Andererseits haben die auf der Drehscheibe angefertigten Tiegel vor denen, die in Formen gemacht werden, den Vortheil, dass man keine Formen braucht, und dieselben gleich nach ihrer Vollendung frei zum Trocknen hinstellen kann; es ist jedoch die Anwendung der Formen bei kleineren Tiegeln eine Nothwendigkeit, da ein Boden von nur geringem Durchmesser bei sofortigem Aufsetzen ohne Form die Last der Seitenwände nicht tragen und der Tiegel zusammenstürzen würde.

Anfertigung in einer Form zu Achenrain. — Die Anfertigung der Schmelztiegel in einer Form wird auf dem Messingwerk zu Achenrain in Tyrol ausgeführt.[1]) Man nimmt von der Tiegelmasse eine gewisse Menge, ballt sie mit der Hand zu Kugeln und lässt sie etwas trocknen. Diese so geballten, etwas getrockneten Kugeln schlägt man in die Form (Fig. 58, a b c d), die auf einem mit Graphit gepuderten Untersatze (Fig. 59) steht, und macht den Boden des Tiegels daraus. Hierauf nimmt man von der etwas frischeren Masse und schlägt die Form mittelst eines Stosskolbens (Fig. 60) bis oben fest voll, wodurch die Seitenwände des Tiegels entstehen. Jetzt wird der Kern (Fig. 61) eingetrieben, die über der Form hervorquellende Masse mit einem Draht abgeschnitten, der Kern ausgehoben, angefeuchtet und dann damit die inneren Flächen des Tiegels durch Drehung desselben fest ausgerieben, so dass ein nasser Glanz entsteht und alle noch vorhandenen Unebenheiten verschwinden. Ist dies geschehen, so lässt man den so entstandenen Tiegel einen Tag in der Form stehen, öffnet hierauf die aus

[1]) Dingler's Journ. Bd. 156, S. 113.

zwei Hälften bestehende Form und setzt den Tiegel auf ein mit Graphit gepudertes Brett zum Trocknen. Die Tiegel können luftig stehen; dürfen jedoch der Sonne nicht ausgesetzt sein, auch müssen

Fig. 58.

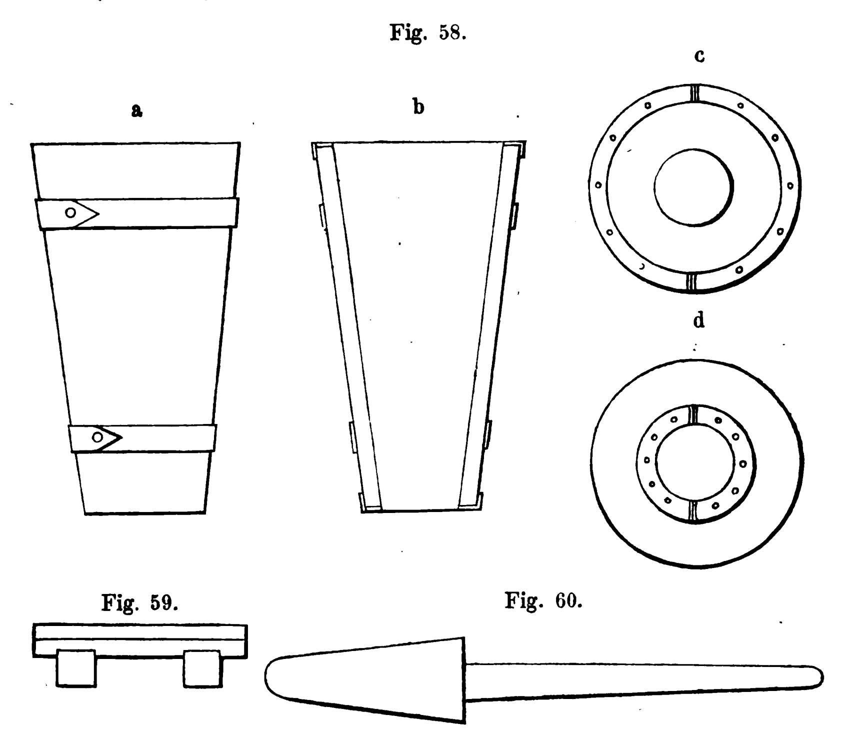
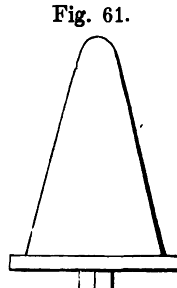


Fig. 59. Fig. 60.

Fig. 61.

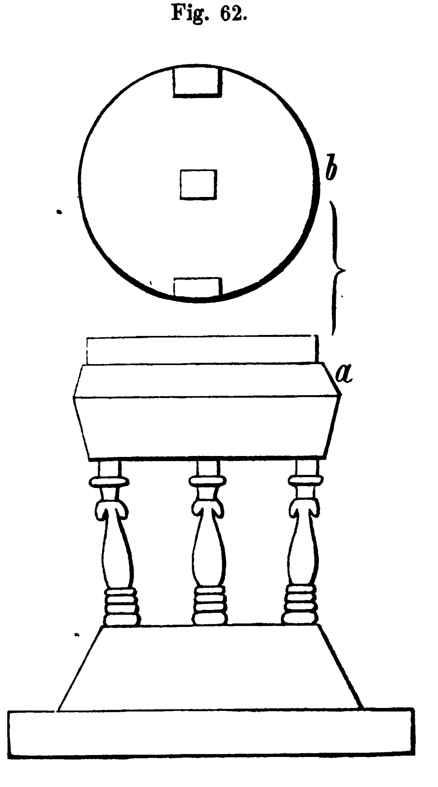


dieselben auf dem Brette mindestens ein Mal täglich gedreht werden, damit sie nicht ankleben. Ausserdem muss man dieselben täglich sorgfältig besichtigen, ob nicht kleine Luftbläschen oder Risse entstanden sind. Die Bläschen öffnet man mit einem Messer und drückt dieselben hierauf ebenso wie die Risse sorgfältig mit der Hand zu. Dieses Verfahren muss so lange fortgesetzt werden, bis die Tiegel fest und ausgetrocknet sind.

Anfertigung der Schmelztiegel auf der Drehscheibe. — Wegen der näheren Beschreibung im Einzelnen der schon seit alten Zeiten bekannten Drehscheibe, die vom Töpfer selbst oder von einem Gehülfen oder durch Maschinenkraft bewegt wird, verweise ich auf Kerl, S. 144—152. Man verfährt zu Anfang wie oben, lässt die Masse zu den Böden ebenfalls etwas trocknen, nimmt die geballten Kugeln und macht den Boden

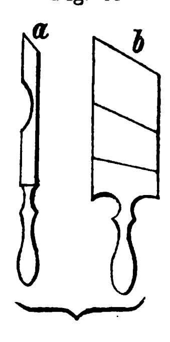
daraus, indem man den Kern auf die Drehscheibe (Fig. 62, a b) steckt und so die Masse darauf festschlägt. Hierauf nimmt man ebenfalls von der etwas frischeren Masse, schlägt vom Bodenan (der bei diesem Verfahren oben ist) nach unten zu die Seitenwände des Tiegels um den Kern fest, bis der Tiegel zu seiner bestimmten Höhe gelangt ist. Jetzt wird das Drehholz (Fig. 63, a b) angehalten und die Drehscheibe sammt Kegel und darauf befindlichem Tiegel mit dem Fuss gedreht, bis der Tiegel eine glatte und gleich starke Hülle erhalten hat. Ist der Tiegel nun so weit gediehen, so hebt man ihn sammt Kern von der Drehscheibe ab, dreht beide Theile um und setzt dieselben auf ein mit Graphit eingepudertes Brett, worauf der Kern vorsichtig ausgehoben wird und der Tiegel frei zum Trocknen stehen bleibt.

Fig. 62.



Die Behandlung dieser Tiegel beim Trocknen ist dieselbe, wie bei denen in der Form angefertigten. Die Stärke der Wände richtet sich nach der Grösse des Tiegels, ebenso die letztere nach der Art der Anfertigung und der Construction der Schmelzöfen.

Fig. 63.



Anfertigung der Tiegel mittelst Maschinen. — Ferner erwähne ich hier eine Maschine zur Tiegel-Darstellung von Reynolds, die in einer Form mittelst eines Dornes den Tiegel presst, aber sich nicht bewährt hat.

Empfehlenswerther erscheint eine Maschine von Pérard & Bergmans, welche ein leichteres Herausnehmen des Tiegels aus der Form gestattet und nebst Zeichnung sich in Dingler's Journal 1858, Bd. 150, S. 404 beschrieben findet. In eine gusseiserne, mit einem Futter von

Kupferblech versehene Form wird die Tiegelmasse hineingebracht und darauf ein Presskolben niedergetrieben, welcher durch seinen Druck dem Tiegel die gewünschte Form und zugleich den Wänden die erforderliche Dichtigkeit ertheilt. Der überflüssige Thon tritt durch angebrachte Canäle aus. Die Anfertigung erfolgt weit rascher, als auf der Töpferscheibe.

Von der Plumbago crucible Company werden die Tiegel in einer besonderen, von Morgan und Hyles construirten Maschine (Deutsche Industrie-Zeitung 1867, S. 385) durch starken Druck gepresst.

In der Fabrik von S. H. Gautin & Comp. in Jersey, Nordamerica, werden die Tiegel in der Weise erhalten, dass die Masse der Graphitthonklumpen in eine Gypsform geworfen wird, welche auf einer sehr rasch rotirenden Scheibe steht. Hier wird er durch Centrifugalkraft gegen die Wände der Form getrieben und erhält dann im Innern durch den verticalen Arm eines gebogenen Hebels die gewünschte Form.

Trocknen der Tiegel. — Je langsamer die fertigen Tiegel getrocknet werden, je allmähliger und dann stetig gesteigert — wobei der Fuss des Tiegels stets an die heisseste Stelle zu bringen ist — das Austrocknen vorgenommen wird, um so sicherer ist man vor unvorhergesehenen Sprüngen oder Rissen. Die Graphittiegel werden in Trockenstuben, die entweder durch einen Ofen oder einfach durch einen Rost, auf welchem man kleine Coks verbrennt, geheizt, nach und nach sehr langsam (6—12 Wochen), aber durch und durch getrocknet, und besonders, wenn sie ungebrannt verwendet werden, an trockenen und warmen Orten auf Regalen aufbewahrt.

In der grossartigen Graphittiegel-Fabrik der Plumbago crucible Company bei London werden die Tiegel in einer Trockenstube getrocknet, durch welche, wie in den Porzellanfabriken, der obere Theil des Brennofens durchgeht, um so eine gleichmässige Erwärmung zu erhalten. Sie müssen so lange trocknen, bis sie beim Anschlagen einen hellen, metallenen Klang geben.

Ausglühen der Tiegel. — Werden die Tiegel im gebrannten Zustande verwendet, so glüht man sie vorher aus; werden sie in derselben Fabrik angefertigt und benutzt, so brauchen sie nur gut getrocknet in die Schmelzerei abgeliefert zu werden.

In Birmingham geschieht dieses Ausglühen der Tiegel in länglich viereckigen Windöfen, von etwa 30 Cm. im Quadrat Weite und $^2/_3$ M. Tiefe. Der kalte Ofen wird angefeuert mit einer einige Zoll hohen Schicht von Coks, auf welche der Tiegel umgekehrt gestellt und darauf der ganze Ofen mit Coks angefüllt wird, so

dass der Tiegel nach und nach rothglühend wird. Sobald er diesen Hitzgrad erreicht hat, wird der Tiegel in dem Ofen umgekehrt und schliesslich nachdem er durch und durch glühend geworden ist, der Ofen erkalten gelassen. Bei zu starkem Brennen reissen die Tiegel.

Für die Tiegel zum Stahlschmelzen befolgt man im Allgemeinen zweierlei Wege beim Ausglühen, die je nach dem zum Schmelzen verwendeten Brennmaterial verschieden sind.

Werden Coks oder Steinkohlen zum Stahlschmelzen angewendet, so geschieht auch das Ausglühen mit Coks oder Steinkohlen. Bei Coks stellt man die Tiegel auf ihre Oeffnung, den Fuss nach oben, zu 16—20 Stück in eine Art von Herd, der von drei Seiten geschlossen und an der vorderen Seite mit einer Thür versehen ist; darunter befindet sich ein Rost und zwischen je zwei Tiegeln bleibt ein Zwischenraum von etwa 2 Cm. Nachdem der Herd die Tiegel aufgenommen hat, wird die Thür geschlossen und alle Zwischenräume mit Cokeklein ausgefüllt, worauf man dasselbe unter dem Rost anzündet. Die Entzündung durchdringt die Coksschicht nach und nach, so dass die Gluht erst nach 6 oder 8 Stunden die Oberfläche erreicht.

Je länger die Dauer des Ausglühens, um so besser ist es für die Tiegel; jedoch muss man zu vermeiden suchen, dass das Feuer in dem Maasse als die Gluht emporsteigt, erst in dem unteren Theil verlischt. Die umgekehrte Stellung des Tiegels hat den Zweck, den Fuss desselben auf das stärkste auszuglühen.

Bei Steinkohlen wendet man eine Art von Cementirkasten an, der zum Einbringen und Herausnehmen der Tiegel mit einer Seitenthür versehen ist. Die Flamme durchstreicht den Kasten, welcher 20—50 Tiegel aufnehmen kann, entweder liegend oder die Mündung unten. Ein solcher Glühprocess muss mindestens 8 Stunden dauern.

Der Schmelzofen wird 3 Stunden vor dem Einsetzen der Tiegel angefeuert, so dass er beim Einlegen der vollkommen lufttrocknen Tiegel die Temperatur des hellen Rothglühens hat.

In der genannten Fabrik der Plumbago crucible Company ähneln die Glühöfen den gewöhnlichen Steingutöfen. Sie sind rund und laufen aber in einer Esse aus. Die Tiegel werden daselbst in Kapseln gebrannt, um zu vermeiden, dass der Graphit an der Oberfläche verbrennt. Geschieht dieses dennoch in geringem Maasse, wodurch sie an der Oberfläche grau werden, so erhalten sie durch Einreiben mit Graphit wieder das schwarze, glänzende Aussehen. Auch eignen sich dazu Oefen, wie sie in den Glashütten zum Antempern gebraucht werden, Flammöfen, die entweder mit dem eigentlichen Glasofen verbunden, von der abgehenden Hitze

desselben gespeist werden, oder wie man es neuerdings vorzieht, in der Nähe des Glasofens mit eigener Feuerung errichtet sind.

An verschiedenen Orten fabricirt man Graphittiegel, welche meist nur unter dem Namen des Fabrikationsortes im Handel bekannt sind. Die bedeutenderen darunter, und so weit ihre Zusammensetzungsweise bekannt ist, nebst sonstigen Bemerkenswerthem führe ich im Einzelnen an.

Achenrainer Tiegel. — Die schon erwähnten Achenrainer Messing-Schmelztiegel enthalten ausser Passauer Thon und Graphit einen Zusatz von gereinigten Schmelztiegelscherben. Auch nimmt man nur fein zerkleinerte Schmelztiegelscherben, sog. Schmelztiegelsand, und setzt dazu noch ein Drittel Passauer Erde. Mischung, Anfeuchtung, längeres Durchfeuchten, Durchtreten geschieht wie oben angegeben.

Passauer Tiegel. — Die Passauer oder Ypser Tiegel bestehen aus Hafnerzeller Graphit, welcher letztere 50—65 Procent erdigen Rückstand enthält, Ceylon-Graphit und die Hälfte bis ein Drittel Passauer Thon (auf 1 Theil Thon 1 oder 2 Theile Graphit).

Tiegel der Plumbago crucible Company bei London. — Die vorzüglichen Tiegel der Plumbago crucible Company bei London, dargestellt aus Stourbridge-Thon und Ceylon-Graphit, enthalten 52,6 Procent Graphit. Sie bestehen also aus ca. gleichen Theilen Thon und Graphit. Die Tiegel werden dort aufgedreht. Die Gesellschaft verwendet jährlich Tausende von Centnern des schönen Ceylon-Graphits.

Ausser dem angegebenen Verhältniss wird der feingemahlene Graphit mit dem kurzen Stourbridge-Thon für verschiedene Zwecke verschieden versetzt. Die trockene Mischung feuchtet man mässig an und lässt sie gleichfalls behufs der gleichmässigen Durchfeuchtung einige Zeit liegen. Sie wird alsdann in einen Thonschneider gebracht, in welchem sie sehr gleichmässig durchgearbeitet, darauf in Blöcke geformt wird, die wieder mehrere Wochen lang lagern. Durch dieses Lagern wird die Plasticität der Masse bedeutend erhöht.

Tiegel des Fabrikanten Hynam. — Durch hohe Schwerschmelzbarkeit zeichnen sich die Tiegel von Hynam, Tanners-Hill, Deptfort aus, welche bis 70 Schmelzungen aushalten.

Tiegel von Ruel. — Ferner werden in ausgezeichneter Qualität Graphittiegel angefertigt von G. Ruel in London.

Nach Mène hatten englische Graphittiegel nachstehende Zusammensetzung:

Kieselsäure . .	51,40	45,10	50,00.
Thonerde . . .	22,00	16,65	20,00.
Eisenoxyd . . .	3,50	0,95	1,50.
Graphit	20,00	34,50	25,50.
Kalk	0,20	0,00	0,50.
Wasser	1,80	2,50	3,00.
Verlust	1,10	0,30	0,50.

Birminghamer Graphittiegel. — Der Birminghamer weiche, zähe Tiegel besteht aus 2 Theilen bestem Stourbridge-Thon, 3 Theilen Graphit und 1 Theil Charmotte, aus alten gebrauchten Tiegeln bereitet, die gemahlen und durch ein Sieb von 3 Mm. Weite gesiebt sind. Zu einer anderen Mischung, bei der eine gewisse Menge Coks hinzugefügt ist, wird nach Hauston genommen: 4 Theile des besten Stourbridge-Tiegelthons, 3 Theile Graphit, 2 Theile harter Coks und 1 Theil Charmotte von alten Tiegeln. Wenn keine alten Tiegel zu haben sind, muss die Mischung hartgebrannt, gemahlen und gesiebt werden. Die Schuppen oder Abfälle aus dem Innern von Gasretorten zieht man dem besten gewöhnlichen Hartcoks vor. Aber wo diese nicht zu haben sind, ist Hartcoks der beste Ersatz. Diese sämmtlichen Ingredienzien müssen durch ein Sieb mit 3 Mm. grossen Löchern gesiebt, längere Zeit angefeuchtet und gehörig durchtreten werden. Ist die Mischung trocken, so wird sie in den Ofen gebracht und ausgeglüht, aber nicht hart gebrannt.

Diese Composition soll einen Tiegel geben (zum Schmelzen der härtesten Metalle), der von der grössten Hitze nicht geschmolzen werden kann, noch bei plötzlicher Erhitzung oder Abkühlung springt. Er halte, heisst es, regelmässig 14—16 Mal das Schmelzen von Eisen, sogar Schmiedeeisen aus. Ein solcher Tiegel enthält 50—60 K. Metall.

Berliner Tiegel. — Berliner Gussstahlschmelztiegel werden aus Graphit und Thon von Vallendar gepresst.

Nürnberger Tiegel. — Auch werden von Gruber und Ramm in Nürnberg Graphittiegel angefertigt, die sich eines guten Rufes erfreuen.

Duisburger Tiegel. — Von bewährten Graphittiegeln aus der Duisburger Fabrik (am Rhein), welche gut und regelmässig drei Stahlschmelzungen aushalten, wurden ungebrauchte Stücke von mir untersucht. Ich fand darin auf 1 Gewichtstheil feiner Charmotte[1]) von Korngrösse bis höchstens zu der des Mohn-

[1]) Charmottezusatz dient gegen das Reissen der Tiegel und ist hier ein Quarzzusatz streng vermieden.

samens; 4 Theile Graphit und 7 Theile Thon; der verwendete Thon ist ein 30 procentiger und dürfte sein Bindevermögen = ca. 8 sein. Der Graphit ist Ceyloner, wie er zum Preise von 7—12¾ Mark, pro 50 Kilo je nach der Sorte, am besten direct von London nach vorher untersuchtem Muster zu beziehen, und nach meiner wiederholten Bestimmung und Ermittelung durch seine charakteristischen Kennzeichen unzweifelhaft sich zu erkennen gibt.[1])

Gesteigerter Graphitzusatz. — In besonderen Fällen ist der Graphitzusatz ausserordentlich zu steigern. So wendet Tamm (Dingler's Journ. 1872, Bd. 106, S. 138) beim Verschmelzen von Manganerzen, die eine hohe Temperatur erfordern und wobei selbst die besten Graphittiegel bald durchfressen wurden, ein sehr bedeutend graphithaltiges Thongemenge an. Er nimmt auf 1 Theil feuerfesten Thon 3 Theile Graphit, macht das Gemenge zu einem dicken Teige an und schlägt damit die Tiegel möglichst gleichmässig, doch nicht über 15 Mm. stark, aus. Ein solches Futter widerstand den Zuschlägen und Flüssen vollständig.

c. Anwendung von Coks und Kohlen statt Graphit. — Statt des Graphits wendet man, aber in weit geringerer Menge, die billigeren Coks oder Holzkohlen an. Hierbei ist aber zweierlei zu berücksichtigen. Erstens sind diese Stoffe, wie gesagt, viel leichter verbrennlich und machen, in grösserer Menge zugesetzt, die Thonmasse um so mehr porös und bröckelig wie stark schwindend und damit widerstandslos. Zweitens cementiren sie den Stahl, d. h. das Eisen kohlt sich mehr, als das in den Graphittiegeln der Fall ist.

Die Stourbridge-Thontiegel werden aus Stourbridge-Thon theils roh, theils gebrannt (gereinigte Glashafenscherben) nebst Cokszusatz angefertigt.

In dem Buche von Paulssen (S. 73) wird die Anfertigung mit der Hand in folgender Weise beschrieben: der Töpfer sitzt vor einem Tisch, auf welchem sich ein hölzerner Block von der Form der inneren Höhlung des Tiegels befindet; an seinem stärksten Ende befindet sich eine Flantsche oder ein hervortretender Rand von derselben Breite als die Stärke des feuchten Tiegels an seiner Mündung betragen soll. In der Mitte desselben Endes ist eine eiserne Spindel eingelassen, welche in eine Hülse in der Tisch-

[1]) Auch ist Graphit über Cöln zu beziehen, wovon die beste Cölner Sorte dem Ceyloner, prima Qualität, pyrometrisch, wenn auch nicht völlig gleich ist, doch so nahe kommt, dass von einem wesentlichen Abstande nich die Rede sein kann; nur ist bei einem Bezuge durch die zweite oder dritte Hand die Qualität ausserordentlich wechselnd und ist der Preis häufig gar nicht maassgebend. Es empfiehlt sich, den Aschengehalt stetig zu bestimmen und darnach den Zusatz einzurichten. Der Verfasser ist gern bereit, auf besondere Anfrage nähere Auskunft zu geben.

platte passt. Der Block oder die Form kann sich daher drehen; sie ist nicht befestigt, sondern kann nach Belieben aus der Hülse herausgenommen werden. Auf dem schmalen oder oberen Ende des Blockes liegt ein Stück von angemengtem Thon, den der Arbeiter rings um die Form legt, wobei er sich zuvörderst eines flachen Holzstückes und dann beider Hände bedient, während die Form mehr oder weniger gedreht wird, je nachdem es die Umstände erfordern. Auf diese Weise wird der Thon schnell bis zu dem Rande über der Form ausgebreitet. Auf dem Tische ist in der Nähe von jener eine senkrechte verschiebbare Schablone befestigt, mittelst welcher die Wand- und Bodenstärke des Tiegels bestimmt werden kann. Sobald das Formen vollendet ist, wird die Form oder der Block aus der Hülse herausgehoben und umgewendet, worauf der Tiegel sehr leicht abfallen wird; die Giessschnepfe wird mit den Fingern geformt. Der Thon kann auch auf einer leinenen feuchten Kappe, die über den Block gezogen wird, aufgetragen werden, so dass, wenn man die Form umkehrt, der Tiegel sammt der Kappe herabfällt und letztere alsdann leicht herausgezogen werden kann. Der feuchte Tiegel muss alsdann nach und nach getrocknet werden. Diese Tiegel werden hauptsächlich in den Messingfabriken in Birmingham angewendet. Nachdem sie benutzt und kalt geworden, sind sie werthlos. Die bekannteste und langjährig bewährte Fabrik ist, wie oben schon angegeben, die von King in Birmingham. Die von diesem Fabrikanten für Dr. Percy gemachten Muffeln fand letzterer besser als alle, welche nur versucht wurden. Die Fabrik fertigt, wie gesagt, 25 Grössen von Tiegeln, von denen die kleinsten mit 5 K. Metallaufnahme 2 Schilling (2 Mark) das Dutzend kosten, während die grössten mit 70 K. das Dutzend 11¼ Schilling (11¼ Mark) im ungebrannten Zustande kostet. Zu Tiegeln für Messing und Rohmetall empfiehlt Arnstey eine Masse aus 9 Theilen grünem Thon, 2 Theilen Tiegelscherben, 1 Theil Coks und 1 Theil Pfeifenthon. Mit letzterem wird die innere Tiegelfläche übergossen, um die Oberfläche glatt und eben zu machen.

Tiegel aus 8 Theilen Stourbridge-Thon und Charmotte, 5 Theilen Cokspulver und 4 Theilen Graphit gaben in der k. Eisengiesserei in Berlin sehr befriedigende Resultate. Sie hielten 23 Schmelzungen von 38 K. Gusseisen aus und ertrugen auch die höchsten Temperaturen, so dass selbst Schmiedeeisen darin geschmolzen werden konnte.

Die in England und auf dem Continente zum Gussstahlschmelzen angewendeten Tiegel werden aus einer Mischung von gleichen Volumen von Stourbridge-Thon und Thon von Stannington, $^{1}/_{10}$ Vol.

gestossenen Tiegelscherben, 1/100 Vol. gepulverten Coks und dem zur Breibildung nöthigen Wasser durch Pressen in gusseisernen Formen dargestellt. Sie werden in England gewöhnlich ungebrannt verkauft und nur für den Export gebrannt. Wagner's Jahresbericht 1859.

Nach Jullien (Metallurgie du fer. Paris 1861) soll eine gute Tiegelmasse erhalten werden aus:

gepulvertem fetten, gut feuerfestem Thon	16	Maasstheile,
gepulvertem und gebrannten Thon . .	10	„
Scherben von schon benutzten Tiegeln .	2	„
Coks	1	„
Wasser	13	„
Summa	42	Maasstheile.

Eine brauchbare Composition, auch zu Schmelztiegeln, welche in Bayern in Anwendung kommt, soll man darstellen aus:

8 Theilen Passauer Thon,
4 „ Memminger Thon,
10 „ Scherben,
8 „ Quarz und
2 „ Coks.

Auf der Sollinger Hütte im Hannover'schen sollen nach Streng ausgezeichnete Gussstahlschmelztiegel gefertigt werden aus:

9 Theilen rohem Schöninger Thon,
14 „ gebranntem Schöninger Thon und
6 „ Holzkohlen.

Die Tiegelmasse auf einem der ersten Scheffielder Stahlwerke ist nach Percy zusammengesetzt aus:

15 Theilen Derbyshire Thon von Eclensor,
7 „ Stannington-Thon[1]),
2 „ Tiegelscherben und
1 Theil Cokspulver.

[1]) Besteht nach Humbly aus:

Thonerde . .	34,47
Kieselsäure .	48,04
Magnesia . .	0,45
Kalk	0,66
Eisenoxyd . .	3,05
Kali	1,94
Wasser . . .	11,15
Summa	99,76

Gibt: F. Q. = 2,57.



4. Sonstige feuerfeste Tiegel.

Zur Herstellung von Tiegeln für die höchsten Temperaturen und um eine Beimischung von Silicium und Kohlenstoff zu vermeiden, verwendet man folgende Materialien zu deren Fabrikation.

Kalktiegel. — Kalktiegel[1]) werden entweder aus Stücken auf der Drehbank ausgehöhlten Aetzkalkes oder bei grösseren Dimensionen dadurch bereitet, dass man in einen feuerfesten Tiegel Kienruss fest einstampft, denselben bis zu 13 Mm. Wandstärke ausschneidet, in die geglättete Höhlung Aetzkalkpulver einstampft und darin eine Vertiefung ausschneidet. Auch kann man das Kalkpulver gleich um einen centralen Holzkern, der die Dimensionen des Innern von dem darzustellenden Kalktiegel hat, einstampfen und dann den Kern vorsichtig herausnehmen.

Im Feuer wird die Kalkmasse fest und compact und die Zwischenschicht von Kienruss verhindert die Wirkung auf den äusseren Tiegel. Forbes schmilzt in solchen Tiegeln Schmiedeeisen und Kobalt. Deville, der sich bereits früher der Kalktiegel und zwar aus einem schwach hydraulischen Kalke bediente, schmolz darin sogar Kieselerde.

Magnesiatiegel.[2]) — Magnesiatiegel lassen sich in gleicher Weise mittelst gebrannter Magnesia herstellen. Dieselben, schon vor 20 Jahren von Thilorier zum Schmelzen des Platins angewendet, sind, aus reiner Masse und richtig dargestellt, für sich unschmelzbar, verändern sich im Feuer nicht und geben mit den Eisenoxyden keine schmelzbaren Verbindungen. Caron[3]) bedient sich dazu der kohlensauren Magnesia (Magnesit) von der Insel Euböa.

Der Magnesit wird gebrannt zur Austreibung der Kohlensäure, wozu nur mässige Rothglühhitze erforderlich ist. Das Material ist darnach leicht zu pulvern und lassen sich die festeren, fremdartigen und leichter schmelzbaren Einsprengungen, besonders eine Serpentinart, wie auch der Quarz leicht aussondern. Hierauf wird die Magnesia, um deren sehr starkes Schwinden zu beseitigen, heftigst geglüht und gemengt mit dem 6. Theil der schwachgebrannten, etwas plastischen, beide in Pulverform. Kommen hierzu 10—15 Proc. Wasser, so wird eine Masse erhalten, welche stark gepresst beim Trocknen in der Luft fest wird und noch mehr beim Brennen. Tiegel, doch wegen des Anklebens der Masse nicht

[1]) Dingler's Journ. Bd. 183, S. 383.
[2]) Berg- und Hüttenm.-Ztg. 1868, S. 247; Wagner's Jahresber. 12, 336; 14, 434.
[3]) Dingler's Journ. 1868, Bd. 189, S. 110.

grössere, wie auch feuerfeste Steine, lassen sich so pressen. Für grössere Tiegel empfiehlt Caron die nur schwach gebrannte Magnesia, auffallenderweise trotz deren ausserordentlichem Schwinden, anzufeuchten, sie in die Formen zu drücken, zu trocknen und schliesslich den fertigen Tiegel zu brennen. Bei nicht genügender Erhärtung lässt sich durch Eintauchen in Borsäurelösung völlige Festigkeit erzielen.

Hierher gehören auch die Specksteintiegel[1]) aus Göpfersgrün, die allerdings wesentlich weniger schwerschmelzbar, aber von metallischen Massen nicht corrodirbar sind.

Lobley's Material zu feuerfesten Tiegeln besteht aus einem plastischen Magnesiasilicat (Asbestin).[2])

Auch Asbet, diese Doppelverbindung von kieselsaurer Magnesia und kieselsaurem Kalk, wird für „sehr dauerhafte" Schmelztiegel empfohlen. Schmelztiegel für Stahl und edle Metalle werden so erzeugt aus einem Gemenge von zerstossenen und geschlämmten

Porzellanscherben (oder Charmotte)	10	Theilen,
Graphit	10	„
ziemlich 3 Mm. lang zerkleinertem Asbest . .	15	„
nicht allzu fein gepulvertem Quarz	3	„
feuerfestem Thon	22	„

Der Asbest als faseriger Körper verhindert das Zerfallen oder Undichtwerden bei der mitunter eintretenden Neigung zum Zerspringen des Tiegels, und es wird so ein desfallsiger Verlust vermieden. (Ackermann's Gewerbezeitung.) Siehe Dingler's Journal 1872, Bd. 206, S. 156.

Thonerdetiegel. — Sie werden aus gleichen Theilen Thonerde, welche letztere aus schwefelsaurer Thonerde oder bei der Kryolithverarbeitung erhalten wird, und Marmor bereitet.

Die Masse glüht man bei sehr hoher Temperatur und vermengt einen Theil davon mit einem Theil geglühter Thonerde und einem Theil durch Ammoniak aus Alaunlösung gefälltem gelatinösem Thonerdehydrat, formt daraus Tiegel, welche einmal gebrannt, nach Deville jeden Temperaturwechsel und die Berührung mit jedem Stoffe vertragen. Statt der Thonerde verwendet man auch Bauxit oder ein Gemenge von Thonerde und Magnesia (Spinelltiegel).[3])

Eigenthümliche Tiegelconstruction. — Um eine raschere und gleichmässigere Wärmeeinwirkung auf das Schmelzgut im Tiegel zu erzielen, hat man in England einen Canal oder ein Rohr aus

---

[1]) Polytechn. Centralbl. 1862, S. 282.
[2]) Illustr. Gew.-Ztg. 1865, S. 238.
[3]) Dingler's Journ. Bd. 179, S. 194.

derselben Masse inmitten des Tiegels angebracht, welches vom Boden bis zur Oberfläche geht. Maschinenbauer 1872, S. 40.

Röhren.

Röhren werden nicht selten aus feuerfestem Thon angefertigt. Man verlangt von ihnen dichte Wandung, ja dass sie einen grösseren Druck auszuhalten vermögen, und werden dieselben daher mit grosser Sorgfalt aus einer auf einem stark construirten Thonschneider präparirten, ziemlich steifen Thonmasse hergestellt.

Kürzere Röhren von 262—314 Mm. Länge arbeitet man wohl auf der Töpferscheibe; längere dagegen mit der Hand, mittelst um einen Kern gelegter Thonplatten oder mittelst hydraulischer Pressen.

Früher wurden die Röhren wohl in Gypsformen geformt, neuerdings aber in Dampfröhrenpressen[1]), welche eine sehr grosse Production gestatten.

Die Engländer wenden ein Walzwerk an, um die gepressten, noch feuchten Röhren nachträglich noch stärker zu comprimiren[2]), ferner zum Abschneiden der Rohrenden[3]), damit sie an einander passen oder über einander greifen.

Als Glasur dient eine Masse aus:

50 Theilen Glätte,
45 „ Sand,
2 „ Braunstein

oder nur Kochsalz. Statt durch Glasur kann man die feuerfesten Thonröhren auch durch Tränken mit Theer gasdicht machen[4]) und sie mit einem aus Steinkohlentheer und Thon gebildeten Kitt dicht in einander fügen.

Muffeln.

Die Muffeln bilden einen aus feuerfestem Thon (oder auch Eisen) hergestellten halbcylindrischen hohlen Körper, hinten geschlossen, vorn offen und unterwärts mit einem flachen, horizontalen Boden (Muffelblatt) versehen. Sie werden von aussen in einem im Ofen ausgesparten prismatischen oder cylindrischen Raum erhitzt und die aufgenommene Wärme erlangen darin befindliche Proben hauptsächlich durch Strahlung. Viel höhere Temperaturen, als die des schmelzenden Goldes oder Kupfers (etwa 1200° C.) haben die Muffeln nicht auszuhalten.

---

[1]) Dingler's Journ. Bd. 174, S. 282. cf. ferner Töpfer-Ztg. 1873, Nr. 6, „Ein Gang durch eine englische Thonwaaren-Fabrik".

[2]) Dingler's Journ. Bd. 116, S. 93.

[3]) Dingler's Journ. Bd. 118, S. 263.

[4]) Dingler's Journ. Bd. 188, S. 306.

Die Muffeln lässt man im Ofen etwa auf Traillen ruhen oder befestigt sie nur am Vordertheil an der Ofenwand. Zur Verhütung des Springens stellt man sie am besten isolirt. Angefertigt werden solche Muffeln unter anderen in Grossalmerode, Goslar, auf der Meissner Porzellanfabrik u. s. w.

Die Muffelöfen, worunter die feststehenden besonders empfehleuswerth für Laboratorien, mauert man auch aus feuerfesten Steinen auf. Solche Oefen mit grösseren Dimensionen dienen für Blei-, Silber- und Kupferproben und haben sie im Allgemeinen die in Kerl's Metallurgische Probirkunst, Taf. I, Fig. 4—7 abgebildete Einrichtung bei einer Mauerstärke von etwa 10—15 Cm. und passender Verankerung.

Es gibt Muffelöfen der verschiedensten Construction, deren Abweichungen hauptsächlich durch die Beschaffenheit des zu Gebote stehenden Brennmaterials bedingt sind.

Ueber Pollards (zu Auteuil) neues System von Muffeln (Benutzung hohler Ziegelsteine) zum Einbrennen der Malereien auf Porzellan etc. cf. Töpfer-Ztg. 1874, Nr. 1.

Zinkdestillirgefässe.

Eine besonders sorgsame Behandlung bei ihrer Anfertigung verlangen die Zinkdestillirgefässe (Röhren, auch Muffeln genannt), da deren Wände nicht bloss flüssigen Stoffen, sondern einem gasförmigen, dem flüchtigen Zink im hohen Feuersgrade zu widerstehen haben. Die Zinkgewinnung ist gar sehr abhängig von der Güte der zu den Gefässen verwendeten feuerfesten Masse und bildet daher deren richtige Auswahl und genaueste Darstellung ein Haupttheil des ganzen Betriebes. Es handelt sich dabei um die bekannten, aber hier um so strenger zu beobachtenden Regeln, wie wir sie oben und namentlich bei den Tiegeln bisher kennen gelernt haben. Nächst der genügenden, doch nicht so bedeutenden Schwerschmelzbarkeit des Materials kommt es auf das völlige Dichtbleiben im Feuer an. Dem Schwinden der Masse ist mit allen Mitteln vorzubeugen, und ist zu dem Zwecke wesentlich, die angewendete Charmotte so vollständig wie möglich durch Brennen unveränderlich für späterhin zu machen, frischen Thon und Wasser nur so viel zu verwenden, als für das Formen der Gefässe und ihre Haltbarkeit während des Trocknens unumgänglich erforderlich ist; ferner muss mit der Grösse des Gegenstandes auch entsprechend das Charmottekorn wachsen und andererseits ist auf die Verdichtung der Masse während der Bearbeitung durch mechanische Mittel geflissentlich hinzuwirken.

Nach Ingenieur Thum[1]) wird auf der Zinkhütte der Altenburger Gesellschaft in Rheinpreussen und Belgien, nachdem der feuerfeste Thon (ein bewährter belgischer) vorher getrocknet und gemahlen ist, für Destillirröhren ein Charmottekorn von 2—3 Mm. Grösse und für Muffeln ein solches von 3—4 Mm. genommen. Im ersteren Falle beträgt das dem Gemenge aus Thon wie Charmotte beim Durchgehen durch einen Thonschneider zugesetzte Wasser 18—20 und im letzteren Falle nur 10 Procent.

Den erforderlichen Zusammenhang der möglichst consistenten Masse erlangt man erst durch wiederholtes Schlagen mit Holzbläueln.

Die Anfertigung der Destillirgefässe, sowohl die der Röhren, wie die der Muffeln, wird durch offene Formen bewirkt, die, um die Handarbeit in ihrem Innern möglich zu machen, aus mehreren Aufsätzen bestehen und nach Vollendung der Gefässe, indem sie auf der einen Seite geöffnet werden, sich schalenartig vom Thonkörper ablösen lassen. Auf einigen Hütten wendet man, um die Arbeit zu steigern, eine Bohrmaschine an, mit welcher in der 12stündigen Schicht 100—150 Röhren angefertigt werden können, während in derselben Zeit ein Arbeiter nur 18—20 Stück herstellen kann. Muffeln kann ein Arbeiter, wenn er mit der erforderlichen Sorgfalt verfährt, nur drei in der Schicht machen.

Fig. 64. Fig. 65.

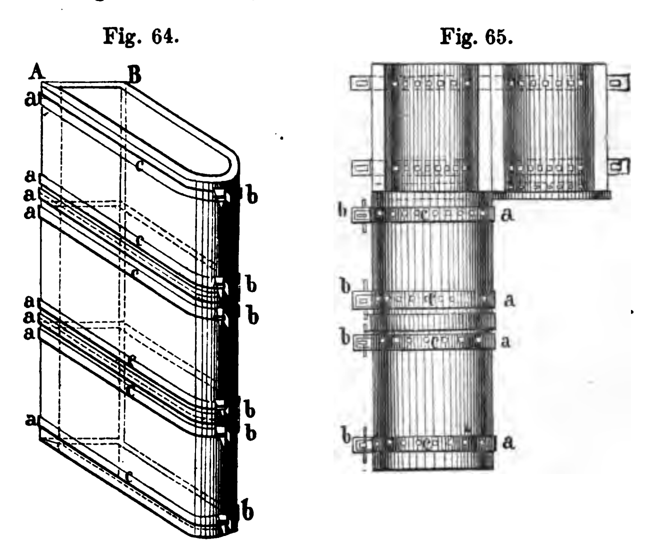


Fig. 64 ist die Ansicht einer Muffelform und Fig. 65 die einer Röhrenform, welche ebenfalls aus 3 Aufsätzen besteht; in den Ecken

[1]) Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1859, Nr. 44, und 1860, Nr. 1.

AB befinden sich Charniere a, welche bei beiden Formen das Oeffnen gestatten, und bei b schliesst man dieselben mittelst kleiner eiserner Keile, welche in die durch die Oesen der Umfassungsbänder c gesteckten Bolzen eingeschlagen werden. Die inneren Wandflächen der Muffelform sind mit grober Leinwand ausgeschlagen, damit sich die fettige Muffel leichter ablösen lässt. Bei der Arbeit des Formens oder Façonirens der Thongefässe ist hauptsächlich darauf zu achten, dass der Thonteig in möglichst gleichmässiger Consistenz benutzt werde, dass die einzelnen, die Gefässe zusammensetzenden Stücke vollkommen mit einander verbunden sind und die Wände eine gleichmässige Dicke haben; endlich darf die Arbeit niemals eine Unterbrechung erleiden.

Den Bauch von Zinkretorten dreht man auf der Töpferscheibe und setzt an diesen den besonders geformten Hals an.

Sehr wichtig ist ferner das Trocknen der geformten Gegenstände; man hat daher, besonders für die Röhren und Muffeln, grosse Trockenkammern, in denen stets ein Vorrath für mehrere Monate vorhanden sein muss, wovon immer die ältesten zur Benutzung kommen.

Diese Trockenkammern haben eine solche Einrichtung, dass die in sie eingetragenen Gefässe, indem man sie immer weiter rückt, nach und nach einer immer höheren Temperatur ausgesetzt werden; diese Steigerung der Temperatur wird von etwa 32—45° C. bewerkstelligt. Um das Alter der zu benutzenden Gefässe genau zu kennen, versieht man sie nach ihrer Anfertigung mit dem Datum.

Die Dimensionen der Destillirgefässe richten sich nach der Feuerbeständigkeit des benutzten Thones. Dieselben müssen so lange vollständig sich halten, bis die Reduction der Zinkerze bis in die Mitte der angewandten Röhren oder Muffeln vorgeschritten ist. Es ist daher bei der Anwendung eines Thones für die Zinkgewinnung vor allen Dingen jene Grenze zu ermitteln, innerhalb welcher, ohne Beeinträchtigung der Gefässe, die grösste Erzmenge darin reducirt werden kann. Es bezieht sich dies besonders auf die Breiten-Dimension, welche bei Anwendung des belgischen Thones 15 Cm. Weite für Röhren und Muffeln beträgt. Die Länge der Röhren sowie die Höhe der Muffeln hängt ebenso von dem Widerstande ab, den die Thongefässe in der für die Reduction erforderlichen Hitze einer Ausbauchung entgegenzusetzen vermögen; bei belgischem Thon kann die Höhe der Muffeln etwa 50 Cm. und die Länge der Röhren etwa 1,10 M. betragen.

Fig. 66 ist der senkrechte Durchschnitt nach CD, Fig. 67 und 68 der horizontale Durchschnitt nach der Linie AB, Fig. 69, von einem Muffel-Vorwärmofen von der Hütte zu Borbeck, der

aber ebenso gut zum Vorwärmen der Röhren benutzt werden kann. Auf der einen Seite dd hängt er mit der Hüttenmauer zusammen und durch diese gehen die beiden Thüren aa, so dass das Eintragen und Herausnehmen der Gefässe von der Hütte aus geschehen kann, während die Feuerung ausserhalb derselben bewirkt wird; C ist der zur grossen Esse führende Feuer-Canal. Die Thongefässe werden direct aus den Trockenkammern in diese Oefen getragen, welche einen Tag um den andern in Feuer gesetzt werden, so dass stets einer von ihnen mit Gefässen gefüllt and langsam bis zum Rothglühen erhitzt werden kann.

Nach Teirich[1]) ist eine sehr vorzügliche Maschine, die bereits vielfache Verwendung nicht nur in Belgien gefunden hat, sondern auch an anderen Orten mit Vortheil eingeführt wurde, die hydraulische Zinkretorten-Presse von Dor, dem verdienten Director der grossen Fabriken von Ampsin (im Besitze von Laminne) in Belgien.

Fig. 66.

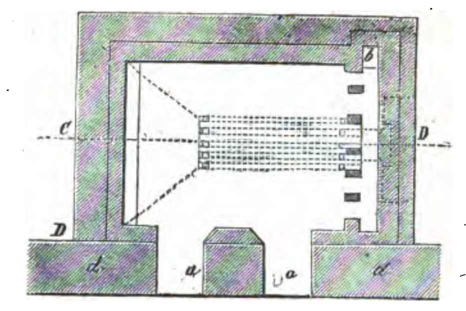


Fig. 67.

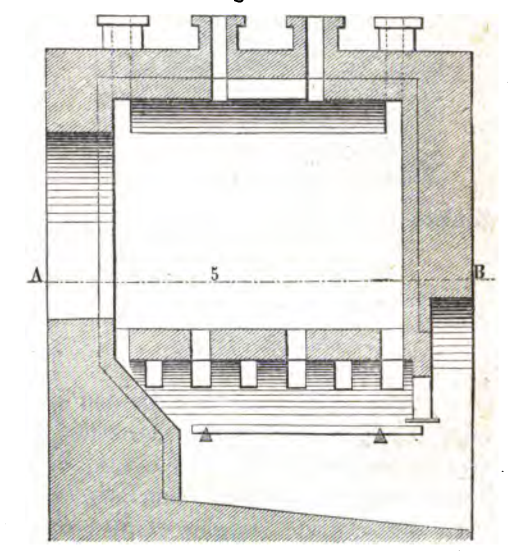
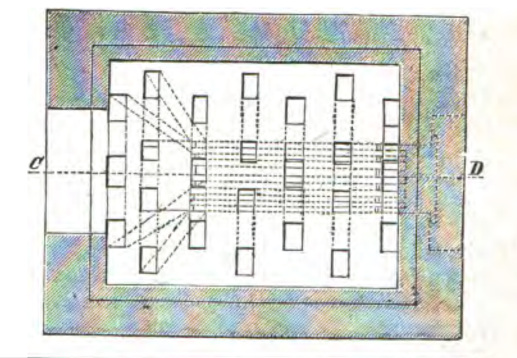


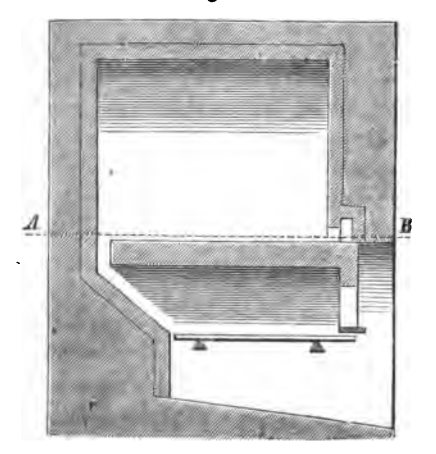
Fig. 68.



[1]) Dingler's Journ. Bd. 214, S. 115.

Hier, wo es durchaus darauf ankommt, eine besondere Dichte der Muffelwand zu erzielen, ist die Anwendung starker Compression für die plastische Charmotte-Composition sehr am Platze. Zudem wird Handarbeit gespart, und sind die bedeutenden Kosten des Retortenverbrauches, in Folge der erzielten grösseren Dauerhaftigkeit vermindert. Die Maschine ist seit etwa 5 Jahren in der Fabrik von Laminne, in der von Valentin Coq und auf den grossen Werken von Vieille Montagne in Verwendung.

Fig. 69.



Gut für Gefässe erster Qualität zur Reduction des Zinkes ist nach Goré ein Gemenge aus:

10,5 rohem Thon von Tahier (in Belgien),
10,0 gebranntem Thon von Tahier,
8,0 Scherben,
1,0 Quarz und
0,5 Coks.

Unter bekannten und in den schlesischen Zinkhütten [1]) mehr oder weniger bewährten feuerfesten Thonen führe ich an den von Groyez bei Alwerin im Krakauischen wie den Kappenthon von Twardowice [2]) und den mehrfach empfehlenswerthen Muffelthon von Petrikau (eigentlich Radosczyce, 9 Meilen von Petrikau) beide in Polen, wovon der letztgenannte der schwerstschmelzbare ist [3]); ferner den auch in dieser Hinsicht geschätzten besten belgischen und den chokoladenfarbenen Muffelthon von Jounec in Croatien.

Kapseln zum Porzellanbrennen.

Die Zusammensetzung der Porzellan-Kapselmasse muss sich gemäss Kerl, S. 196, nach der Beschaffenheit der darin zu

[1]) Nach einem mir gütigst mitgetheilten, von Gustav Schneider in Kattowitz aufgestellten Verzeichnisse befinden sich in Ober-Schlesien ca. 27 Zink-Hütten in Betrieb und in Polen und dem Krakauer Gebiete 5.

[2]) Der Twardowicer Thon hat nach G. Schneider, wie dies bei kohlereichen Thonen leicht der Fall ist, die üble Eigenschaft, Zink in ziemlicher Menge aufzunehmen.

[3]) Der Verf., Dingler's Journ. 1873, Bd. 210, S. 115.

brennenden Geschirre richten und ist daher bei jeder Art verschieden. Sie muss schwerer schmelzbar als das Porzellan sein, soll nur wenig schwinden, darf nicht springen und soll häufigen Temperaturwechsel vertragen. Dabei müssen diese Schutzgefässe gegen die directe Einwirkung der Flamme und des Rauches auch hinreichend stark sein, um das Gewicht einer ganzen Säule zu tragen, ohne zu bersten. Der diesen keineswegs geringen Anforderungen entsprechende Thon, dessen zugleich billige Herbeischaffung ein viel wesentlicheres Erforderniss als jene der Porzellanmaterialien selbst ist, da nach Strele man zum Brennen eines Gewichtstheiles Porzellan ungefähr 16 Gewichtstheile Kapseln und Unterlagen braucht, darf zudem verknisternde, abspringende oder gar ausfliessende Theile nicht enthalten, wodurch die Glasur der Geschirre verdorben wird.

Schlechte Kapseln sind von sehr nachtheiligem Einflusse auf die Erhöhung des Ausschusses. Der Beschaffung guter Thone und deren zweckdienlichster Verarbeitung ist daher alle Sorgfalt zuzuwenden.

Im Allgemeinen werden die Kapseln aus einem plastischen, feuerfesten Thon (der zu den hervorragend schwerschmelzbaren, mindestens den 30procentigen gehören muss) mit einem möglichst grossen Zusatz von gröblich gemahlener Charmotte von verbrauchten Kapseln angefertigt.

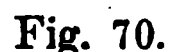
Die Kapselmasse muss durchaus gleichartig sein, also in jedem Theile das gleiche Verhältniss von Thon und Charmotte besitzen, was nur durch möglichst sorgsame Mengung dieser Gemengtheile zu erreichen ist. Eine grössere Porosität der Kapseln sucht man zu erzielen durch einen Zusatz von Sägemehl (Kohlenpulver ist jedenfalls vorzuziehen) zur Kapselmasse, das sich im Feuer herausbrennt, sowie durch Aussieben des feinsten Charmottemehls.

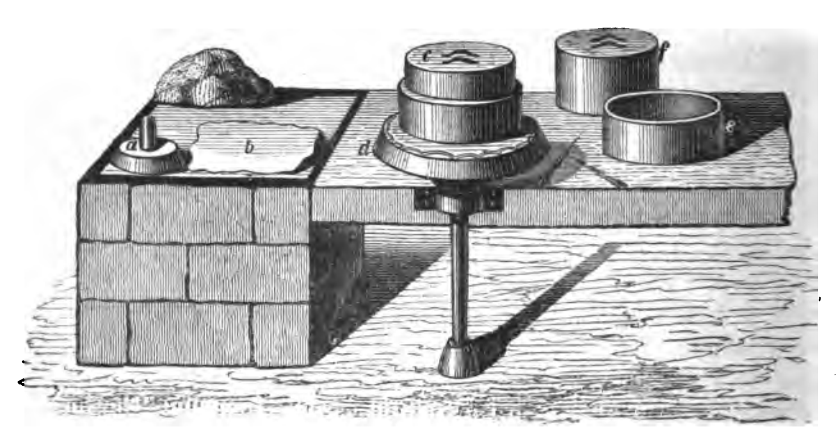
Zu Sèvres besteht die Kapselmasse nach Knapp aus 2 Theilen plastischem Thon und 3 Theilen Kapselscherben oder letztere aus einem Gemenge von gleichen Theilen Quarzsand und Scherben; in Meissen aus 3 Theilen Thon und 2 Theilen Cement; in Berlin aus 2 Theilen Thon und 1 Theil Cement. Dieselben haben je nach der Beschaffenheit des plastischen Thones eine verschieden lange Dauer und geben nach jedem Brande mehr oder weniger Bruch. Schlechte Kapseln lassen sich nicht so hoch aufschichten wie bessere. Mit Vorzug werden zu Kapseln gewisse quarzreiche Rohkaoline, wie sie bei Carlsbad[1]) und anderwärts, z. B. Etterzhausen in Bayern etc., vorkommen, verwendet.

[1]) Die böhmische, Schlaggenwalder Porzellankapselmasse besteht nach einer Analyse von Czjzek aus 78 Proc. Kieselsäure und 18 Proc. Thonerde. Dingl. Journ. Bd. 162, S. 123. — Prof. Knapp (Vorstand der Königl. Porzellanfabrik

Eine mir bekannte Mischung, deren sich eine westphälische Porzellanfabrik bedient, wird zusammengesetzt aus 4 Theilen feinkörnigem, magerem kaolinartigen Thon, 4 Theilen Charmotte von mittlerem Korn und 1 Theil fettem feuerfesten Thon.

Die einfachen cylindrischen oder ovalen Kapseln, für deren Form das Princip gilt, dass das Verhältniss der Masse der Kapsel zu dem darin gebrannten Porzellan ein möglichst ökonomisches sei, werden aus geschlagenen oder gewalzten Blättern über einer Trommel geformt, wie Fig. 70 zeigt.


Fig. 70.



Die sorgfältig getretene oder geknetete Masse wird auf einem Steintisch mit dem Schlägel a zu einem flachen Lappen b von der Stärke des Kapselbodens ausgetrieben und dieser auf die Handscheibe d gelegt. Auf denselben stellt man die hölzerne Trommel c und legt um diese einen Lappen von der Grösse, dass seine Breite der Höhe, seine Länge dem Umfange der Kapsel entspricht. Durch sorgfältiges Andrücken werden zunächst die beiden Ränder des Lappens vereinigt und bilden dann einen runden oder ovalen Ring. Darauf nimmt man den überragenden Theil des Bodens in die Höhe und drückt ihn gegen die durch den Ring gebildeten Seitenwände, während man mit der linken Hand die Handscheibe bewegt, um der rechten alle Theile zuzuführen. Diese Handscheiben, die sehr vielfach gebraucht werden, haben im Wesentlichen dieselbe Construction wie die Drehscheiben; sie haben oben eine Platte, die auf einer verticalen, drehbaren Spindel befestigt ist, es fehlt natürlich die Tretscheibe. e ist die fertige Kapsel, f die Trommel, über

in Nymphenburg) verwendet ausschliesslich für Kapseln den Thon von Einberg bei Coburg. Wagner's Jahresber. 1859, S. 310.

welche sie geformt wurde. Nachdem die Kapseln angetrocknet sind, bringt man sie auf die Handscheibe zurück und sucht sie durch Schlagen möglichst zu verdichten, indem man ein Brett von der inneren Form der Kapsel an einem Griff hinein hält und gegen die Wand drückt, während man von aussen anhaltend gelinde Schläge mit einem hölzernen Hammer gegen die von dem Brette innen unterstützte Wand führt. Kapseln von geschweifter Form werden über Gypsformen auf der Drehscheibe aus Lappen geformt und mit der Schablone abgedreht.

Das Porzellan in seiner bedingten Abhängigkeit von höchster Schwerschmelzbarkeit der Porzellankapseln. — Obwohl das Porzellan unter die feuerfesten Fabrikate im absoluten Sinne nicht zu rechnen ist, da im Gegentheil die Schmelzbarkeit der Porzellanmasse[1]) wenigstens bis zu einem gewissen Grade die nothwendige Forderung, so ist doch für dasselbe ein hier zu erwähnendes pyrometrisches Ziel maassgebend.

Nach Strele — Theorie und Praxis in der Fabrikation des Feldspath-Porzellans — ist der Grund der grösseren Dauerhaftigkeit der bestbekannten Porzellane in dem grösseren Gehalt an Thonerde zu suchen, wie andererseits der Grund des grösseren Durchscheinens in dem grösseren Kieselsäuregehalte, womit meine namentlich im 2. Kapitel angeführten synthetischen Versuche übereinstimmen.

Je mehr Thonerde in einer Porzellanmasse enthalten ist, bei einem desto höheren Temperaturgrad kann sie bei gleichem Alkaligehalt gebrannt werden, und desto mehr Stand hält sie im Feuer. Zugleich aber in einer je höheren Temperatur eine Masse gebrannt werden kann, desto weisser wird das Porzellan, wovon die Erklärung darin liegt, dass bei einer sehr hohen Temperatur durch Einwirkung der Kieselsäure alles färbende Eisenoxyd in farbloses kieselsaures Eisenoxydul oder vielmehr in ein farblose Doppelverbindung mit dem Kalke und vielleicht auch der Magnesia[2]) umgewandelt wird.

Will der Porzellanfabrikant diese aus doppeltem Grunde gebotene Aufgabe der möglichst grossen Brennhitze des Porzellans erreichen, so ist er dabei abhängig von der Feuerbeständigkeit des für die Kapseln zu Gebote stehenden Thones; je schwerschmelzbarer also dieser oder je pyrometrisch rationeller die Zusammensetzung der Masse dafür, um

[1]) Trotzdem verwendet man zu dem Porzellan feuerfeste Thone (bekanntlich Kaolin), wie solche auch zum Steingut, Steinzeug oder den gesinterten Töpferwaaren und den irdenen Pfeifen in Anwendung sind.

[2]) Seger, Notizbl. IX. S. 17 und anderwärts.

so mehr kann er für die Güte des Porzellans in den angeführten Beziehungen einstehen. Das Porzellan steht somit in einem nothwendigen Zusammenhang mit der Kenntniss der schwerstschmelzbaren feuerfesten Thone und deren bestmöglicher Zubereitung und Mischungsweise.

Gasretorten.

Allgemeines. — Als erste Forderung stellt die Praxis an dieselben neben genügender Festigkeit und äusserer wie ganz besonders innerer Glätte, Widerstandsfähigkeit gegen raschen Temperaturwechsel, da etwa sich einstellende Undichtheiten nicht so gefährlich sind, als sie erscheinen, und der verlangte Grad der Schwerschmelzbarkeit kein so bedeutender ist. Kleine Risschen setzen sich sehr bald durch den bei der Gasbereitung sich ausscheidenden Graphit zu, lassen sich auch verkitten und können sogar zur besseren Ertragung jäher Temperaturdifferenz günstig mitwirken. Ein Glasiren und selbst Emailliren der Retorten ist daher im Wesentlichen nur für die erste Zeit zur leichteren Entfernung des Graphits, oder bei sonst kleinem Betrieb, von Werth; die Empfindlichkeit gegen plötzliche Temperaturveränderung nimmt damit jedenfalls zu.

Herstellung der Masse. — Als Magerungsmittel wird für den gut (reichlich) bindenden, aber keinenfalls allzu sehr schwindenden feuerfesten Thon (dessen Feuerfestigkeit unter die 10 procentigen und selbst noch weiter hinabgehen kann) nur oder fast nur Charmotte genommen.

Etwaige Unreinigkeiten, besonders Schwefelkies oder Eisenoxyd, müssen mit grösster Sorgfalt vermieden und event. der Thon Stück für Stück ausgesucht werden. Hierauf getrocknet und gemahlen richtet sich das Verhältniss des Charmottezusatzes nach der Plasticität des Bindethones wie auch zum Theil nach der Grösse des Charmottekorns; denn das Gemenge muss noch einen ausreichenden Grad der Bildsamkeit behalten.

Als normales Verhältniss gilt auf 1 Maasstheil fetten Thon $1^1/_2$ und bei den allerfettesten Thonen selbst bis zu 2 und noch mehr Theilen Charmotte. Die Erfahrung muss hier für jeden Thon das Maass angeben. Ein zu fetter Scherben ist dem Schwinden und Reissen ausgesetzt, ein zu magerer gibt nicht die durchaus nothwendige Festigkeit und ist ausserdem wegen der schlechten Leitungsfähigkeit die Heizung eine kostspieligere. Die reichlich grobe, bis linsengrosse Charmotte muss heftig genug, in heller Rothglühhitze, und gleichmässig und möglichst frei von Verunreinigung durchbrannt

sein, doch muss sie noch immer einsaugend sein. Das Brennen des hart getrockneten und bereits kantig gekörnten Thones in Kapseln ist zu dem Zwecke besonders zu empfehlen, wenn man nicht Retorten- oder Kapselscherben benutzt. Zur Herstellung einer möglichst steifen und durchaus gleichmässigen Masse, hinsichtlich vollständiger Vertheilung des Bindethons und Wassers müssen wie wiederholt beschrieben die am besten erst trocken gemischten Gemengtheile nach Anfeuchtung und längerem Liegenlassen, auch wohl Einsumpfen, wiederholt (2—3 Mal) durch den Thonschneider gehen. Man kann die Masse alsdann direct zur Fabrikation verwenden; besser ist aber ein vorheriges Durchtreten mit den blossen Füssen in regelmässiger und wiederholter Weise. Der so vorbereitete Thon wird an einem kühlen Orte aufgespeichert und von da in das Formlocal gebracht, wo er zuerst noch in grosse viereckige Klumpen geformt, tüchtig eingeschlagen und mit einem Holzschlägel bearbeitet wird, um alle Luftblasen zu entfernen. In jedem Falle sucht man stets die Masse besonders steif zu erhalten, weil eine solche weniger Trockenwärme braucht, weniger schwindet und sich schärfer formen lässt.

Für die Retortenmasse gebraucht man nicht selten ein Gemenge aus verschiedenen Thonen. So verwendet die 3—4000 Stück im Jahre producirende Stettiner Gasretortenfabrik: Kaolin, Garnkirk- und Urbarer Thon.

Anfertigung der Gasretorten. — Dieselben werden entweder aus der Hand durch allmähligen Aufbau der Thonwände über Holzleeren oder durch Pressmaschinen geformt.

Formen. — Die angewendeten Formen sind verschieden. Am meisten üblich sind die ovalen und die ⌓Formen; doch herrscht in den Dimensionen eine sehr grosse Mannigfaltigkeit. Man benutzt eine Form aus zwei Theilen: aus einem inneren, der Retorte gleichenden Kerne und einem äusseren, aus mehreren Theilen bestehenden Formenmantel. Der unterste Theil des Formenmantels wird zuerst auf eine Unterlage gestellt. In diesem unteren Theile wird der Boden der Retorte von 12 Cm. Dicke festgestampft. Sodann wird der Kern, den man mit nassen Tüchen umwickelt, eingesetzt und um diesen und zwischen den Wänden des Formenmantels die Wände der Retorte (6 Cm. stark) festgestossen. Ist der untere Theil des Formenmantels fest- und vollgestampft, so wird das zweite Formenmantelstück genau auf das erste gepasst und die leeren Räume zwischen diesem und dem Kerne höher hinauf festgeschlagen. Ist auch das zweite Formenstück mit Charmottemasse festgestampft, so wird das dritte Formenstück um den Kern und genau auf das zweite Formenstück gepasst und vollgeschlagen. Besonders die

inneren Flächen müssen wiederholt und mit dem allergrössten Fleisse geglättet werden, wovon die mehr oder weniger schwierige Entfernung des Graphits sehr abhängt.[1]) Das oberste Formenstück hat aber 6 Cm. von seinem oberen Rande eine nach aussen gehende Ausbuchtung von der Wandstärke der Retorte, so dass, indem das Ausstampfen der Formstücke bis an den Rand fortgesetzt wird, die Retorte 6 Cm. von ihrem obersten Rande doppelte Wandstärke (12—15 Cm.) erhält. In diesen Theil werden mit einem Dorne die Löcher für die Bolzen der Retortenbügel gemacht. Es geschieht dies, ehe die Retorte aus der Form genommen wird. Auch wendet man Retortenformen an, welche nur aus einer aus sechs Formenstücken zusammengesetzten äusseren Form bestehen. Diese hat innen ganz die Gestalt, welche die fertige Retorte aussen erhält. Die Seitenwände stampft man, von innen nach aussen schlagend, der Form gemäss fest.

Die Retorte bleibt 3—4 Tage in der Form. Von dem Herausnehmen aus der Form bis zum Einstellen der Retorten in den Brennraum vergehen 6—8 Wochen. Sie werden hierauf geglättet und fertig gemacht und wird alsdann das Local, das eine gute unterirdische Heizung und kräftige Ventilation haben muss, ganz langsam ca. 4 Wochen angefangen zu heizen und nach und nach mit grösster Vorsicht eine höhere Temperatur bis zur vollkommensten Austrocknung der Retorten gegeben. Hierauf kommen die Retorten in den Verglühraum. In einem gewöhnlichen runden Porzellanofen oder auch in viereckigen oder länglich viereckigen Oefen werden die Retorten, 8—10 und selbst 36 Stück, aufrecht in den Brennraum gebracht und mit Charmottesteinen umgeben heftig gebrannt.[2]) Sie bleiben 8—10 Tage im Brand. Sowohl Anfeuern wie Abkühlung muss mit der grössten Vorsicht gehandhabt werden.

In England fertigt man die Gasretorten aus derselben Masse wie die feuerfesten Steine und gleichfalls durch Einstampfen in Formen. Man bildet zuerst den Boden, setzt darauf einen mit Leinwand überzogenen Kern und darum eine aus einigen Dauben

---

[1]) Geith in Coburg, einer der bedeutendsten Gasretortenfabrikanten hebt in einem Vortrag über denselben Gegenstand diesen Punkt als gewichtiges Ziel hervor; wie ferner die wünschenswerthe Aufgabe der Herstellung von Retorten mit viel dünnerer Wand, die nur einen dichten und compacten Scherben hat und in Folge dessen sich erheblich leichter und mit Brennmaterialersparniss auf einen höheren Temperaturgrad bringen lässt, als die bisherigen, immerhin noch dickwandigen und porösen Retorten. G. von Werken, das Ganze der Ziegelfabrikation S. 205.

[2]) In der Porzellanfabrik von Schomburg in Moabit bei Berlin werden sie aufs Heftigste gebrannt in dem Gutfeuer des Porzellanofens, wodurch sie viel haltbarer sein sollen.

zusammengesetzte Form, welche durch eiserne Reifen und Schrauben zusammengehalten und ebenfalls mit Leinwand ausgekleidet wird. In die dadurch gebildeten Zwischenräume wird nun das schwach angefeuchtete Thongemenge fest eingeschlagen, so dass dadurch eine solide Wand gebildet wird. Sobald auf diese Art ein etwa $^2/_3$ M. hohes Stück fertig geworden ist, wird Mantel und Kern beseitigt und das erhaltene Stück, wie später beschrieben, erst erhärten gelassen, damit es durch die Last der oberen Schicht nicht zusammengedrückt wird. Ist dies geschehen, so wird ein neuer, höherer Kern eingesetzt, ein neuer Mantel umgelegt und, wie oben, fortgefahren, bis die Retorte die nöthige Länge erhalten hat. Dieses Trocknen von unten herauf wird sehr wesentlich dadurch befördert, dass der Raum, in dem die Retorten stehen, durch Canäle unter dem durchbrochenen Fussboden geheizt wird. Ist die Retorte vollständig ausgetrocknet, so wird sie vorsichtig auf einem mit Strohmatten bedeckten Wagen umgelegt und auf diesem in den Brennofen eingefahren, welcher rund und in vielen Beziehungen einem Porzellanofen ähnlich ist.

Auf einem bekannten deutschen Werke nimmt man die stark charmottehaltige Masse, bestehend aus grobem, kantigem Korn nebst Charmottepulver so steif, dass sie eben noch Eindrücke mit dem Finger annimmt. Diese wird alsdann mit schweren eisernen Keulen gleichsam wie Metall ausgetrieben und kräftigst eingeschlagen in die Form, ein äusserer Mantel und innerer zerlegbarer Kern. Zum Sporn erhält der Arbeiter für jede völlig untadelhafte Retorte eine Prämie.

Im Falle sich ein Reissen bei den Retorten zeigt, wird empfohlen, dem fetten Thon Kaolin oder auch der Masse eine geringe Menge Sägespähne (oder gewiss besser Kohlenpulver) zuzusetzen.

Glasiren. — Das Glasiren der Retorten geschieht entweder mit Kochsalz oder mit der schwerschmelzbaren und gegen reducirende Einflüsse unempfindlichen Spath- oder Granitglasur und ist aus letzterem Grunde die Bleiglasur gänzlich zu verwerfen. Man nimmt Granit oder ein Gemenge von Feldspath, Feuerstein und einem kleinen Gypszusatz, mahlt die Materialien auf einer Glasurmühle auf das Feinste, macht sie mit Leimwasser an und breitet sie mittelst eines langhaarigen Pinsels auf der mit Filzscheibe und Stahlplatte gut geglätteten Retortenfläche unmittelbar vor dem Einsetzen in den Retortenofen aus. Wird das Glasiren nur auf der grünen Retorte vorgenommen, d. h. nicht mittelst zweimaligen Brennens, was die Kosten wesentlich vertheuert, so ist die Glasur von um so kürzerer Dauer.

Auf der Wiener Weltausstellung von 1873 liess sich in Betreff

der recht zahlreich und in bedeutend grossen Exemplaren ausgestellten Gasretorten die Bemerkung machen, dass ausser dem gröberen Charmottekorn bis zur halben Pfefferkorngrösse der geschätzten belgischen, auch ein feineres Charmottekorn zur Verwendung kommt und sogar war z. B. bei denen der kaiserl. Wiener Gasgesellschaft selbst ein Quarzzusatz nachzuweisen, wie die Benutzung eines selbst deutlich röthlich sich brennenden und wenig feuerfesten Thones. In England (Dingler's Journ. Bd. 167, S. 158) werden auch aus Dinassteinmasse Gasretorten dargestellt.

Glashäfen.

Allgemeines. — Bei Beurtheilung der praktischen Verwendbarkeit der feuerfesten Thone für Glashäfen sind gleichzeitig die drei Gesichtspunkte: der chemische, physikalische und technische ganz besonders in Betracht zu ziehen.

Die chemischen Einflüsse spielen, äusserst begünstigt durch die anhaltend hohen Hitzgrade[1]), eine Hauptrolle, jedoch nach Verschiedenheit der Glassorten, je nachdem Krystall-, Tafel- oder Flaschenglas zu schmelzen ist, in grösserem oder geringerem Grade. Auch hier genügt keineswegs einzig ein ausgezeichneter Grad der Schwerschmelzbarkeit[2]), um technisch-ökonomische Resultate zu geben, da die Glasmasse die Häfen je nach der Beschaffenheit mehr oder weniger angreift, ja selbst dadurch leidet, und letztere nach längerer oder kürzerer Haltbarkeit unbrauchbar macht.[3])

Bei dem bedeutenden Drucke, den das flüssige Glas ausübt, sind die physikalischen Verhältnisse: Ganzheit und zwar eine bleibende der Thonmasse, Dichtigkeit, Festigkeit, auch in

---

[1]) Als die nothwendige Temperatur eines Glasschmelzofens, wenn man vom leichtflüssigeren Bleiglase absieht, setzt man 1500° C. Uebrigens bedingen Schmelze, Läuterung und Ausarbeitung nicht eine und dieselbe Temperatur.

[2]) cf. oben S. 107 Prüfung des Verhaltens der feuerfesten Thone gegen Glas. Allgemeines Gesetz und besonders specifische Ausnahme.

[3]) Das schmelzende Glas kann Thon und dessen Hauptbestandtheile in bedeutender Menge aufnehmen und zwar ersteren in weit grösserem Verhältnisse als letztere für sich. Die aufgenommene Menge ist bei derselben Temperatur eine verschiedene, je nach der Beschaffenheit der Materialien wie auch der Glasart. Unter verschiedenen Thonen tritt im Allgemeinen eine gewisse Sättigung damit um so eher ein, je feuerfester derselbe ist. Bei dem grünen Thon macht sich dieselbe später geltend, als bei dem gebrannten. Auch unter den verschiedenen Quarzarten lassen sich Unterschiede, die jedoch nicht sehr beträchtlich sind, wahrnehmen. In Betreff Aufnahme reiner Thonerde und reiner Kieselsäure ist das Verhältniss von den Glassorten deutlich abhängig. cf. der Verf., Glashütte 1876, Nr. 21, 22 und 23.

gewissem Grade Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel von dem entscheidendsten Einflusse und ist daher auch ganz ausserordentliches Gewicht auf die Fabrikationsmethode selbst, deren technische Ausführung, zu legen, wovon die eingehende Beschreibung mit allen nothwendigen Vorsichtsmaassregeln somit unerlässlich hier hingehört.

Abgesehen von dem Werth eines Hafens an sich mehren sich bei einem Hafenwechsel die Unkosten sehr bedeutend. Der neue Hafen muss, ehe er in den Ofen kommt, 24 Stunden aufgewärmt werden, wodurch Brennmaterial, Zeit und Productionskraft verloren geht. Ausserdem werden beim Schadhaftwerden der Häfen selbst oft grosse Massen von bereits geschmolzenem Glase unrein und grösstentheils unbrauchbar. Nach Benrath (Glasfabrikation, S. 81) kann die geringste Unachtsamkeit bei deren Herstellung, am fertigen Hafen oft selbst dem geübtesten Auge unentdeckbar, den Stillstand der Fabrikation bedingen. Von der höchsten Wichtigkeit ist daher die Herstellung von Häfen, welche den zerstörenden Einwirkungen zuverlässig und möglichst lange widerstehen.

Im Allgemeinen wird den fetten Thonen (der Grünstädter, Vallendarer oder Cölner Erde [Mehlemer]) dem Klingenberger, ferner dem Hessischen von Grossalmerode, dem von Schwarzenfeld und Kehlheim bei Regensburg, den an der Donau und in Böhmen, z. B. bei Wildstein vorkommenden, in Belgien dem bei Andenne, in Frankreich dem von Forges-les-Eaux, den thonerdereichen, aber mageren von Stourbridge der Vorzug gegeben. Man weiss, dass die kieselreichen Thone (wozu die Schweizer Huppererde gehört), die theils relativ strengflüssiger sind, eine dem Erweichen besser widerstehende Masse liefern, dass Häfen daraus eher wachsen als schwinden. Solche kieselreiche Häfen aber, und um so mehr, wenn sie zugleich flussmittelreich, sind gegen Temperaturwechsel sehr empfindlich, springen leicht oder brennen sich wenig fest und werden alsdann mehr zerstört. Die fetten Thone hingegen, welche schwinden, leicht ihre Form verlieren, aber dichter sich brennen, sollen weniger angegriffen werden. Die Häfen aus den fetten Thonen erweichen in sehr heissen Oefen und das Gewicht der Glasmasse drückt sie alsdann auseinander, wie es namentlich in den vorzuziehenden Gas-Glasschmelzöfen vorkommt.

Der zu verwendende Thon muss chemisch geeignet, d. h. schwerschmelzbar genug und nicht zu leicht vom Glas angegriffen werden (siehe oben specielle Prüfungsweisen der Thone in Berührung mit schmelzendem Glase), sowie physikalisch genügend haltbar sein. Von sichtbaren Beimengungen, namentlich Schwefelkies, muss er frei sein.

An die geeignete Beschaffenheit hat sich, wie gesagt, die sorgfältigste Zubereitung anzuschliessen.

Die Hafenmasse, welche stets aus fettem oder sogenannten grünem und gebranntem Thon oder Charmotte oder gebranntem Hafenabfall zusammengesetzt wird, und deren grösste Haltbarkeit vorher erfahrungsmässig durchzuprobiren ist, muss mit grösster Reinlichkeit behandelt werden, weshalb zweckmässig Wände und Decke der betreffenden Arbeitsräume mit Brettern zu täfeln, damit nicht irgend Kalkputz in die Masse hinein kommt.

Als normales Mengungsverhältniss für Glashafenmasse gilt im Allgemeinen das von 1 Theil gebranntem Thon (Charmotte nebst Hafenscherben) auf 1 Theil grünen Thon[1]), und zwar **Maasstheile**, da das Messen durch einen gewöhnlichen Arbeiter besser zu handhaben ist, als die Decimalwaage.

Verbesserung der Hafenmasse. — Will man die bisher gebrauchte Hafenmasse für die gesteigerten Anforderungen verbessern, welche an die feuerfesten Thone seit den neuen pyrotechnischen Fortschritten im Allgemeinen gestellt werden, und besonders in der Glasfabrikation seit Einführung der durch Zeit- und Arbeitsgewinn wie auch grössere Güte des Glases sich empfehlenden **heisseren** Gasöfen, so ist dies auf zwei von der Praxis gebotenen Wegen zu erfüllen.[2])

[1]) Abweichend von diesem Normalverhältniss vermengte man nach Loysel gegen Ende des vorigen Jahrhunderts zu St. Gobin für Häfen, bei Verwendung des sehr bindenden Thones von Forges-les-Eaux, 3 Theile rohen mit 1 Theil gebranntem Thon — also eine sehr fette, äusserst schwierig trocknende und leicht reissende Composition. Umgekehrt wendet Benrath auf der Dorpater Glashütte eine seit Jahren bewährte Hafenmischung aus Vallendarer Thon an, deren Masse besteht aus 4 Theilen rohem Thon und 6 Theilen gebranntem nebst 3 Theilen Hafenscherben — also ein sehr mageres und deshalb weit weniger schwindendes Gemenge. Benrath, Glasfabrication S. 85.

[2]) Wie oben bei Besprechung des Siemens'schen Gas-Regenerativofens bereits im Allgemeinen angedeutet, sind die Vortheile, welche die Einführung der Gasöfen der Glasfabrikation brachte, in mehr als einer Hinsicht ganz bedeutende. Zwick in seinem Lehrbuch der chemischen Technologie, S. 443, bezeichnet die Anwendung der Gasfeuerung zum Glasschmelzen als den grössten Gewinn in der Glasfabrikation. Hier (cf. Steinmann, Compendium der Gasfeuerung, S. 51) erwähne ich ausser der Brennmaterialersparniss und leichten Regulirbarkeit der Ofentemperatur besonders die Reinheit der Flamme, Vermeidung von Flugasche und Rauch, welche das Schmelzen hochfeiner Gläser mit jedem Brennmateriale ohne besondere Vorsichtsmaassregeln ermöglicht und dabei der Waare einen schönen Lüster verleiht. Andererseits wird dem Glasmacher durch den Abzug der Flamme **innerhalb** des Ofens die **Arbeit sehr erleichtert**, ebenso der Aufenthalt in den Hüttenräumen nie unangenehm oder gar unerträglich, wie es bei Oefen mit directer Feuerung der Fall ist, wenn die Schmelze von Neuem beginnt oder Witterungsverhältnisse eintreten, die für die Lage der Hütte ungünstig einwirken. Damit ist aber zugleich eine bedeutend längere Schmelz-

Die bisher am Rhein bekannte, mit Vorzug gesuchte Grünstädter Hafenerde hält an den heissesten Stellen der Gasöfen und vornehmlich an den Oeffnungen der Züge nicht aus.

Entweder ist der plastische Thon zu verändern oder zu verbessern resp. die Schwerschmelzbarkeit desselben durch einfache und praktische Mittel zu erhöhen, ohne das Bindevermögen wesentlich zu beeinträchtigen oder die Feuerbeständigkeit der Hafenmasse, wie jedes ähnlichen Thongemenges, ist zu vermehren durch ein Vertauschen der bisher verwendeten Charmotte mit einer wesentlich feuerfesteren. Hierbei ist zu beachten: wie stark ist die Charmotte gebrannt und in welcher Korngrösse wendet man sie an. Wie ein gröberes Korn mehr Bindethon verlangt, als ein feineres, so kommt es auch beim Mengungsverhältniss zwischen dem plastischen Thon und der Charmotte auf den Hitzgrad an, welchem der gebrannte Thon exponirt gewesen ist; je heftiger das Brennen, wenigstens bis zu einem gewissen Punkte, bewerkstelligt wurde, desto mehr plastischer Bindethon ist erforderlich. Soll durch den Charmottezusatz, und zwar mittelst eines mehr schwerschmelzbaren Thones als der grüne, ausser der dadurch bekanntlich bewirkten grösseren physikalischen Unveränderlichkeit eine pyrometrische Aufbesserung erzielt werden, so ist es sachgemäss, ein feineres Korn nebst dem dabei abfallenden Mehl [1]) anzuwenden. Der leichtflüssigere Bindethon ist so vollständig als irgend möglich davon zu durchdringen, wobei die Grenzen nur durch den dem Drucke der flüssigen Glasmasse nothwendig zu leistenden Widerstand, wie das Erforderniss eines gewissen körnigen, nach-

---

dauer verknüpft, welche bei der Gasfeuerung eine nur kurze oder wenig lange ist. Mittelst directer Braunkohlen- und Torffeuerung werden bei guter Qualität der betreffenden Brennstoffe besonders ordinäre bunte Gläser und halbweisse Waare fabricirt, die Glassätze müssen aber um 20—30 Procent weicher eingestellt werden, als bei Holz- und Steinkohlenöfen. Hierdurch befindet sich der Fabrikant nicht allein pecuniär im Nachtheile, sondern die Gläser zeigen auch weniger Glanz und sind weniger widerstandsfähig gegen chemische oder atmosphärische Einflüsse. Aus der Praxis ist bekannt, dass das Glas um so besser wird, je schneller und härter es geschmolzen wurde. In Betreff der Construction in ihren Einzelheiten verschiedener bekannten Glas-Gasöfen, so der Paduschka-'schen Gasfeuerung, der Schinz'schen wohldurchdachten Gasöfen mit ihrer möglichsten Raumökonomie, der regenerativen Gasfeuerung nebst den jeweiligen Betriebsresultaten wie Baukostenberechnung verweise ich auf das vorhin citirte Werk S. 52—59.

[1]) Ein Hinzugeben des entfallenden feinsten Mehles in gewissem Grade ist von günstiger Wirkung. Welcher Charmottethon in dem einzelnen Falle der geeignetste ist, richtet sich nach den speciellen wie localen Verhältnissen und erbietet sich der Verfasser auf nähere Anfragen nähere praktische Auskunft zu geben.

gebenden, die Spannung wie das Schwinden vermindernden Gefüges gezogen sind.

Ein praktisches Kriterium der Qualität einer solchen neuen Hafenmasse lässt sich am sichersten durch Massenbeobachtung gewinnen. Drei Häfen sind mindestens auf die Probe zu stellen, da bei einem Hafen ein Fehler bei der Bearbeitung das Resultat unsicher macht und eine Wiederholung nur mit grossem Zeitverluste verknüpft ist.

Gehen wir zur Fabricationsmethode im Speciellen über, so ist zu unterscheiden: Zubereitung der Hafenmasse; — des Thones, der Charmotte wie des Gemenges daraus — und Herstellung der Häfen selbst mit den dazu erforderlichen verschiedenen Operationen.

Hafenmasse.

Vorbereitung des Thones. — Der Thon wird vorher getrocknet, nachdem etwaige sichtbare Unreinigkeiten oder schlechtere Theile ausgeschieden, alsdann auf einem Kollergang so fein als möglich gemahlen, das Pulver durch ein feines Sieb (mit etwa 17 Fäden auf den Centimeter) gesiebt, wodurch kleine event. in dem Thone sporadisch noch zerstreute Schwefelkiesknötchen abgesondert werden. Auch empfiehlt sich hierzu ein Schaben der trockenen Erde mit dem Ziehmesser, um so sich noch vorfindende schlechte Streifen und Schwefelkiesreste zu entfernen. Bei Anwendung mehrerer Thonsorten, die ebenso vorbereitend zu behandeln sind, sind dieselben sorgfältigst untereinander zu vermengen und dann 8 Tage lang an einem kühlen Ort sich selbst zu überlassen.

Vorbereitung der Charmotte. — Es ist zu dem Zwecke der Thon jedenfalls anhaltend genug, d. h. durch und durch gleichmässig wie auch scharf und heftig, doch nicht bis zur Erweichung oder einer Schmelzbildung zu brennen.[1]) Abgesehen von letzterer Einschränkung empfiehlt sich wegen grösster Zusammenschwindung und in gleicher Hitze völliger Unabänderlichkeit mit Vorzug die Herstellung der Charmotte aus gebrauchten Häfen nach skrupulösester Reini-

[1]) Benrath fand hinsichtlich der Veränderung des Dichtigkeitszustandes beim Brennen, dass bei heller Rothgluht der sich ziemlich weiss brennende fette Thon von Vallendar, eine sehr poröse, unter leichtem Hammerschlage scharfkantig brechende, in Wasser nicht zerfallende, an der Zunge rasch und stark haftende Masse darstellt, die nach einem Mittel aus mehreren angestellten Versuchen unter Wasser 13,3 Procent Wasser aufsog. Stärker gebrannt, wurde der Thon dichter, gelblich, haftete an der Zunge nicht mehr so stark und sog nur noch 6,7 Procent Wasser auf; noch weiter erhitzt endlich glasirte er sich oberflächlich, nahm einen porzellanartigen Bruch an und absorbirte nunmehr nur noch 0,3 Proc. seines Eigengewichtes an Wasser. Benrath, Glasfabrikation S. 80.

gung durch Abklopfen von allen Glastheilen. Wie schon gesagt erfordert Charmotte, und besonders eine hoch feuerfeste mit der Zunahme der Temperatur, in der sie gebrannt ist, mehr plastischen Bindethon. Wenn z. B. auf 12 Maasstheile fette Erde 12 Theile roth gebrannte Charmotte kommen, so sind bei weiss gebrannter Charmotte 13 Theile fette Erde zu nehmen.

Hinsichtlich der Korngrösse der mit Stampfen oder Steinbrecher und Walzen zerkleinerten Charmotte, welche zwischen 1—3 Mm. variirt, richtet sich dieselbe nach den verschiedenen Anforderungen des Glasschmelzers wie dem beabsichtigten besonderen Zweck. Je feiner das Korn, eine um so dichtere, auch widerstandsfähigere Masse wird erhalten, aber es wächst damit die grössere Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel und mit der Zunahme der Berührungsflächen relativ ein wenig die leichtere Erweichung. Die erforderliche Menge der Charmotte findet ihre Grenze mit dem Punkte, wo die damit zusammengesetzte und hierauf gebrannte Masse anfängt porös oder mürbe zu werden.

Zubereitung der Hafenmasse. Mengungsverhältnisse. — Um möglichst schnell das beste Verhältniss zwischen grünem und gebranntem Thon zu finden, empfiehlt Flamm[1]) folgenden Gang einzuschlagen, der zu dem gewünschten Ziele zu führen im Stande ist.

Man fertigt eine Reihe von zehn Häfen aus zehn verschiedenen Gemengen an und bezeichnet jeden Hafen mit einer Nummer und dem Tage seiner Darstellung.

Wenn der untersuchte Thon ein starkes Schwinden zeigt, so macht man das erste Gemenge nach folgenden Verhältnissen:

5 Theile (dem Volumen nach) rohen Thon,
5 „ („ „ „) stark gebrannten Thon und
5 „ („ „ „) Scherben von alten Häfen.

Für das zweite Gemenge vermehrt man den rohen Thon um einen halben Theil, für das dritte um ebenso viel und so fort bis zum zehmten, dessen Zusammensetzung demnach sein wird:

9,5 Theile roher Thon,
5,0 „ gebrannter Thon,
5,0 „ Scherben.

Wenn es sich gezeigt hat, dass der Thon nicht stark schwindet, kann man das erste Gemenge wie folgt zusammensetzen:

6 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

---

[1]) Le verrier du XIX siècle pag. 84 und nebst Folgendem mit Zusätzen und Aenderungen entnommen: Gräger, Handbuch der Glasfabrikation. 4. Aufl.

Für das zweite und jedes folgende Gemenge vermehrt man den rohen Thon um 1 Theil, wodurch das zehnte folgende Zusammensetzung erhält:

15 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Scherben.

Nach gehörigem Mengen, Anfeuchtung mittelst Regen- oder Flusswasser und Durchkneten, wie weiter unten folgt, wendet man die Masse so compact an, dass sie sich noch eben bearbeiten lässt; eine zu weiche Masse würde ein zu starkes Schwinden zur Folge haben und der Festigkeit der Häfen nachtheilig sein, indem sich diese alsdann nur schwierig trocknen und, ohne zu bersten, brennen lässt. Aus zu weichem Teige geformte Häfen senken sich in der Hitze und büssen ihre Gestalt und folglich auch einen Theil ihres ursprünglichem Rauminhaltes ein. In Folge der grossen Menge Wasser, welches eine weiche Paste enthält, ist eine Nebeneinanderlagerung der kleinsten Theilchen keine so innige als in einer compacteren und steiferen Masse, und lässt sich so die grössere Festigkeit der aus einem mehr trockenen Thone angefertigten Häfen erklären.

Man verfertigt und trocknet die Probehäfen mit aller möglichen Sorgfalt mindestens einen Monat vor dem Beginn der laufenden Hafenfabrication. Schon während des Trocknens erkennt man die aus zu magerem Thon gefertigten Häfen an den Rissen und Sprüngen, die sich in Boden und Oberfläche zeigen; zu fette Thone verrathen sich durch langsames Trocknen, sowie durch Abnahme der Grösse der Häfen, d. h. durch ein beträchtliches Schwinden. Diese sämmtlichen Versuchshäfen müssen gleich starke Wände haben und in derselben Form geformt sein.

Die als zu fett oder als zu mager erkannten Gemenge berücksichtigt man nicht weiter und kann nun, indem man eine mittlere Zusammensetzung wählt, unbesorgt mit der laufenden Fabrication der Häfen beginnen.

Sobald die Versuchshäfen vollkommen trocken sind, bringt man sie, um sie den gleichen Einflüssen auszusetzen, mit der Nummer des Platzes versehen, den sie einnehmen sollen, zusammen in den Ofen, wo man sie von dem Einsetzen bis zu ihrer völligen Abnutzung täglich beobachten kann.

Um für die Zukunft den nöthigen Anhalt zu gewinnen, verzeichnet man die an jedem Hafen seit dem Kneten des Thones gesammelten Beobachtungen mit Angabe der Beschaffenheit des Thonteiges, ob derselbe weich oder hart gewesen, ob während des Trocknens der Hafen geborsten sei oder nicht, ob er beim Brennen

Risse bekommen und sich verzogen habe u. s. w.; endlich notirt man sich noch seine Haltbarkeit im Ofen, den Zustand, in welchem er sich, nachdem er unbrauchbar geworden ist, befindet und die Ursachen, die seine Zerstörung herbeigeführt haben.

Diese Beobachtungen dienen, um die in Beziehung auf das verbrauchte Brennmaterial, welches man anwenden, und den Glassatz, welchen man verschmelzen muss, vortheilhafteste Zusammensetzung zu ermitteln, entweder indem man nur eine Art von rohem Thon verwendet, oder indem man den einen durch Zusatz von einem anderen verbessert. Sobald man in dieser Beziehung seine Wahl getroffen, d. h. eine vortheilhafte Zusammensetzung ermittelt hat, geht man unbekümmert an die Anfertigung des nöthigen Vorraths von Häfen, denn die Erfahrung hat im Allgemeinen gelehrt, dass diese um so besser widerstehen, je älter sie geworden sind. In manchen Fällen ist es jedoch vortheilhafter bei einer fetteren Zusammensetzung als die, welche sich bei den 10 Versuchen als die beste erwiesen hat, stehen zu bleiben und die Häfen mit dünneren Wänden zu fabriciren, was zur Abkürzung des Schmelzprocesses beiträgt.

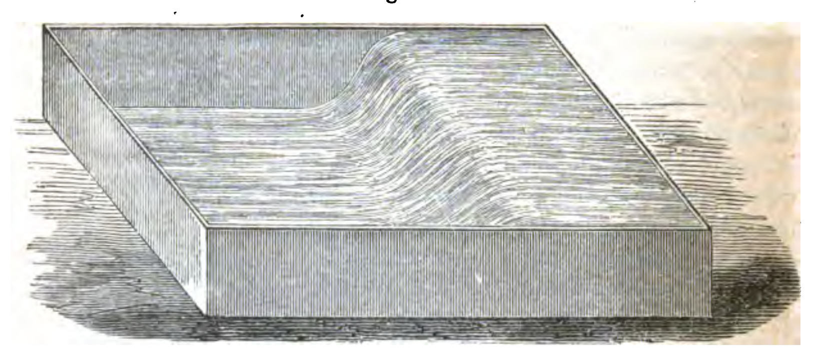
Mengen und Kneten der Masse. — Ist so die geeignetste Zusammensetzung ermittelt, so muss die homogenste Durchmischung der Gemengtheile folgen. Dieselbe ist, wie wiederholt erwähnt, am zweckmässigsten durch vorheriges Mengen im trockenen Zustande zu erreichen, wodurch eine innigere Mischung angebahnt wird, alsdann bei mässigem und gleichmässigem Zusatze kalten oder auch erwärmten Wassers durch gehöriges Kneten und mehrmals wiederholtes Umwenden so oft, bis sich auf der Schnittfläche der Masse weder Adern noch Risse wahrnehmen lassen, um schliesslich das Ganze in einer ausgemauerten und bedeckten Grube so lange sich selbst zur Faulung zu überlassen, bis ein Geruch, mitunter nach Ammoniak, zu bemerken ist.

Die fertige, wenn auch durchaus nicht immer nothwendig gesumpfte Masse darf, wie gesagt, weder zu weich, noch zu steif sein. In ersterem Falle ist dieselbe leichter verarbeitbar, verliert aber die Fähigkeit, die ihr ertheilte Form beizubehalten; hingegen besitzt eine zu steife Masse eine zu geringe Vereinigungskraft beim Verarbeiten. Loysel empfiehlt so für den Hafenbau aus freier Hand eine Steifigkeit der Masse, bei der eine Bleikugel von ca. 100 Grm. Gewicht 170—200 Cm. herabfallend bis zu einer ihrem Durchmesser gleichen Tiefe in die Thonmasse einsinkt. Für den Bau in der Form kann die Masse weicher sein und genügt hier für denselben Erfolg eine Fallhöhe der Kugel von 125—150 Cm.

Zubereitung für kleineren Betrieb. — Die Zubereitung kleinerer

Mengen, etwa für 2—3 Häfen, gelingt im Allgemeinen besser, als die grösserer für 6—8 Häfen; die Mengung ist leichter und inniger. Man bedient sich zu diesen Arbeiten grösserer Kästen aus starken Bohlen von 3 M. Länge, 1,8 M. Breite und 25 Cm. Tiefe. (Siehe Fig. 71.) Auf den Boden dieses Kastens schüttet man die nöthige

Fig. 71.



Menge rohen und gepulverten Thones, breitet denselben überall gleichförmig aus, so dass der Boden zur Hälfte damit bedeckt ist; auf dieser Schicht breitet man ebenso die nöthige Menge Charmotte aus. Beide Materialien, um etwaige zufällige gröbere Beimengungen zu entfernen, sind nicht unzweckmässig vorher nochmals zu sieben. Ein Arbeiter, mit einer hölzernen Schaufel versehen, steigt mit nackten Füssen [1]) in den Trog und wirft die Substanzen auf den leer gelassenen Theil des Troges, wobei er jedesmal seine Schaufel vertical in die auf einander liegenden Schichten sticht und dabei Sorge trägt, eine neue, überall gleiche Schicht zu bilden. Nachdem der Arbeiter auf diese Weise das ganze Material von einer Seite zur andern geschafft hat, wiederholt er die Operation ein zweites und drittes Mal, bildet alsdann mittelst der Schaufel eine Vertiefung in dem Gemenge und giesst durch ein feines Haarsieb heisses Wasser auf dasselbe. Hierauf bewegt er das Wasser lebhaft und anhaltend mit der Schaufel, damit die hierdurch entstehenden Wellen die Substanzen von den Rändern der Vertiefung abspülen. Wenn das Wasser verschluckt und noch trockene Masse zurückgeblieben ist, so giesst er noch so viel Wasser nach, als er für nöthig hält, damit sich die Masse vollsaugen könne, und fährt so lange fort, das Wasser lebhaft zu bewegen, bis Alles getränkt ist und das Ganze eine gleichartige Masse bildet.

Der angemachte Thon wird nun zusammengeschaufelt und an

[1]) Noch mehr zu empfehlen ist ein vorheriges regelrechtes Durchstampfen und dann erst das Durchkneten folgen zu lassen.

einem kühlen Platz des Arbeitslocals zu einem Haufen aufgeschichtet, während man in dem Troge mit einem neuen Gemenge beginnt.

Den Haufen überlässt man, mit eingenässter Leinwand bedeckt, mehrere Tage sich selbst, während welcher Zeit das Wasser den ganzen Teig durchdringt. Beim Beginn des Knetens breitet der Arbeiter auf der einen Hälfte des Bodens des Kastens eine 15 Cm. hohe Schicht Thon aus und bearbeitet denselben, in kleinen Schritten vorgehend, dergestalt mit den Füssen, dass die Eindrücke des linken durch die des rechten Fusses wieder verwischt werden. Nachdem so die ganze Masse mit Fusseindrücken bedeckt ist, schneidet der Arbeiter kleine Stücke Thon ab und schleudert sie mit Gewalt gegen den Boden des Kastens, wobei er darauf Acht hat, dass beim Abstechen eine gerade Linie verbleibe und auf der leeren Seite des Bodens wiederum eine gleichmässig starke Schicht entstehe. Wenn auf diese Weise die Masse ihre Stelle gewechselt hat, fängt man an, den Teig von Neuem mit den Füssen zu bearbeiten. Diese Operation wird 5—6 mal wiederholt und man erhält dabei eine sehr gleichmässige Masse. Hierauf bedeckt man die Thonmasse mit nassen Tüchern, damit nicht an der Oberfläche eine trockne Kruste entsteht, und überlässt sie bis zum folgenden Tage sich selbst; doch soll man sie, bevor man sie verarbeitet, noch einige Male umwenden, damit das Wasser sie noch vollständiger durchdringe und alle Theilchen durchziehe; der grösste Theil des Wassers wird von vornherein von der Charmotte aufgenommen, die es erst allmählig an den fetten Thon wieder abgibt. Die Thonmasse wird, wie gesagt, weit homogener und besser, wenn man sie in einem ausgemauerten, in dem Boden des Arbeitsraumes selbst angebrachten und mit einer Fallthür versehenen Behälter aufbewahrt. Nach Verlauf von 3 Wochen im Sommer und 6 Wochen im Winter verbreitet dieselbe einen Geruch, und dies ist die rechte Zeit, um sie zu verarbeiten.

Dieses einfache Knetverfahren genügt für Glashütten mit nur einem Schmelzofen, denn ein einziger Arbeiter kann täglich 400 bis 500 K. Thon kneten. In solchen, wo zwei oder drei Schmelzöfen im Betriebe sind, geben die Mischtonne[1]) und die Knetmaschine, durch irgend welchen Motor in Bewegung gesetzt, ökonomisch vortheilhaftere Resultate.

Zubereitung in grösseren Mengen. — Statt, wie es oben beschrieben, den Thon mit Füssen zu kneten, kann man sich auch zweier Walzen oder auch der Quetschmühle mit zwei aufrechten, auf einer eisernen Platte laufenden Mühlsteinen bedienen, wobei

[1]) Die Mischtonne ist bereits oben im 4. Kap. näher beschrieben.

der Thon zuvor am besten mit heissem Wasser zu einem Teige zu formen ist.

Von den gebräuchlichen Thonknetmaschinen mögen wegen der guten Dienste, die sie leisten, hier noch zwei Erwähnung finden, trotzdem oben bereits ähnliche in dem Abschnitte „Thonschneider“ beschrieben sind. Die erstere, Fig. 72, besteht aus einem gusseisernen oder hölzernen, oben 1,5 M., unten 0,85 M. weitem conischen Gefässe a, in welchem eine eiserne Welle b angebracht ist, welche 15 eiserne Messer (cc) trägt; die letzteren sind so angebracht, dass die Entfernung des einen vom andern, von unten angefangen, je um 3,5 Mm. zunimmt und unter bestimmte Winkel gestellt, die sich nach dem beabsichtigten Zwecke richten.

Fig.72.

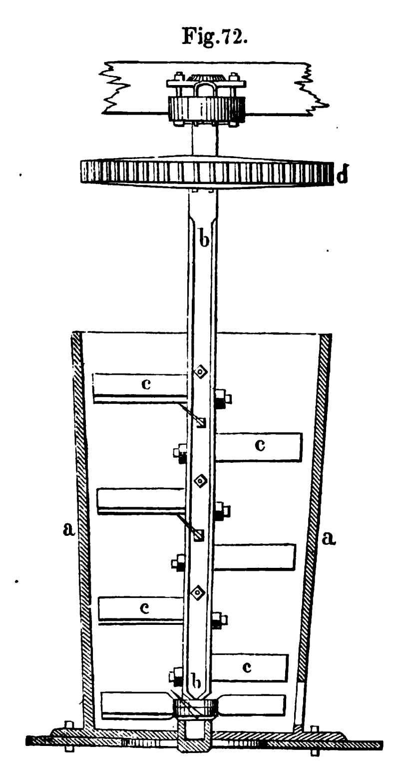
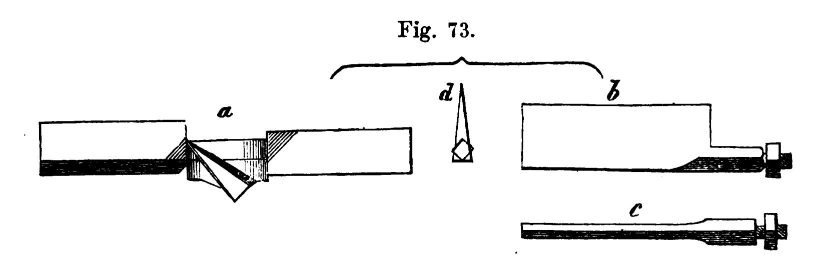


Fig. 73, a und b, c, d stellt ein Messer in verschiedenen Lagen im vergrösserten Maassstabe dar, sowie das Doppelpaar nahe am Boden des Behälters. Bei der angegebenen gegenseitigen Stellung der Messer wird eine Schneckenlinie, eine Schraube ohne Ende gebildet. Gewöhnlich stehen mehrere solcher Maschinen

Fig. 73.



um ein gemeinschaftliches Kammrad, welches in die an den stehenden Wellen befestigten Räder d eingreift, die ihrerseits einzeln ausgerückt werden können. Der von oben eingeschüttete Thon wird nun nicht allein zerschnitten, sondern auch gehörig gemengt,

zugleich durch die Flächen der unter bestimmten Winkeln (20—25°) gegen die Horizontale geneigten Messer gedrückt, von oben nach unten gepresst und durch eine etwas über dem Boden befindliche, etwa 0,15 M. im Quadrat haltende Oeffnung herausgeschoben, wo man ihn mittelst eines Drahtes in Stücke zerschneidet, die man, bis der Thon gehörig durchgeknetet ist, immer wieder von Neuem in die Maschine zurück gibt. Beim letzten Male, wo der Thon aus dem Apparate geht, zerschneidet man ihn in länglich viereckige Stücke und bringt diese in den oben angegebenen ausgemauerten Behälter.

Compositionen für Häfen. — Nach Gräger können nachstehende Gemenge als Vorbilder dienen, wenn man Thon von der Beschaffenheit der unten bezeichneten Arten zur Verfügung hat, im anderen Falle eine Anleitung geben, wie man aus anderen feuerfesten Thonen ebenfalls gute Zusammensetzungen ermitteln kann.

1) Thon aus der Normandie (d'Hautrage) für Häfen zu Flaschen und Fensterglas:

15 Theile roher Thon, 5 „ gebrannter Thon, 5 „ Hafenscherben,	Durch ein Sieb geschlagen, welches auf den Centim. 20 Fäden zählt.

2)

10 Theile roher Thon, 5 „ gebrannter Thon, 6 „ Hafenscherben.	Desgleichen.

3) Cuvetten zu Spiegelglas:

5 Theile Thon d'Hautrage, 5 „ „ de Forges-les-Eaux, 5 „ gebrannter Thon, 6 „ Hafenscherben.	Desgleichen.

4) Eine andere Mischung:

5 Theile Thon d'Hautrage, 5 „ „ Andenne, sog. Lyoner Thon, 5 „ gebrannter Thon, 7 „ Hafenscherben.	Desgleichen.

Die vorstehenden vier Compositionen sind für Fensterglas mit Glaubersalz geschmolzen anwendbar.

5) Thon von Andenne oder Namur, sog. Lyoner Thon [1]):

8 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

---

[1]) Chemische Analyse von der besten Varietät des Glashafenthones von Andenne nebst Schmelzbarkeitsquotient:

6) Eine andere Zusammensetzung:
7 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

Die gemahlenen, durch ein Sieb mit 12 Maschen auf den Centimeter gesiebten und trocken gemengten Substanzen werden mit so viel Fluss- oder Regenwasser besprengt, als sie davon aufnehmen können; man knetet den Teig in der früher beschriebenen Weise und lässt ihn, nachdem man denselben mit einem nassen Tuche überdeckt hat, mehrere Tage liegen (bei Anwendung von siedendem Wasser soll der Teig noch besser werden); hierauf knetet man ihn noch 5—6 mal gut durcheinander.

7) Thon von Namur, genannt von Ardoise:
7 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

Dieser Thon verzieht sich leichter als der vorige; übrigens bedarf er derselben Behandlung wie jener. Auch die Vorschriften 5, 6 und 7 eignen sich zu Häfen für Fensterglas mit Glaubersalz.

8) Thon aus der Pfalz (Grünstadt) zu Häfen für Fensterglas mit Glaubersalz (die bekannte Hafenerde gehört zu den 30 proc. feuerfesten mit dem Bindevermögen = 8. Analyse siehe unten[1]):

Thonerde .	34,78	
Kieselsäure	49,64	39,69 chemisch geb. 9,95 mechanisch beigem.
Magnesia .	0,41	
Kalk . . .	0,68	
Eisenoxyd .	1,80	
Kali . . .	0,41	
Glühverlust	12,00	
	99,72	

Gibt chemische Zusammensetzung:

$$6{,}86\ (Al^2O^3\ 1{,}63\ SiO^3) + RO$$

und

F. Q. (Feuerfestigkeitsquotient) = 4,21.

[1]) Chemische Analyse der Grünstädter Hafenerde:

Thonerde .	35,05	
Kieselsäure	47,33	39,32 chemisch geb. 8,01 mechanisch beigem.
Magnesia .	1,11	
Kalk . . .	0,16	
Eisenoxyd .	2,30	
Kali . . .	3,18	
Glühverlust	10,51	
	99,64	

$$3{,}65\ (Al^2O^3\ 1{,}54\ SiO^3) + RO.$$

F. Q. = 2,37.

12 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

9) Andere Vorschrift:
14 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

Diese Composition ist weit fetter als die vorige und verlangt die folgende Behandlung.

Der sortirte, gemahlene und durch ein Sieb mit 17 Fäden auf den Centimeter gesiebte Thon wird mit siedendem Wasser angemacht und ein Mal durchknetet. Diese nur wenig plastische Masse schichtet man 3—4 Wochen an einem schattigen Platze in Haufen, wendet sie um und geht an das Formen.

10) Thon von Forges-les-Eaux:
10 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

11) Eine andere Vorschrift:
5 Theile roher Thon von Forges-les-Eaux,
5 „ „ „ aus der Pfalz,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

12) Eine dritte Vorschrift:
10 Theile roher Thon von Bedoins,
4 „ „ „ „ Forges-les-Eaux,
4 „ gebrannter Thon von Bedoins.
5 „ Hafenscherben.

13) Thon von Vallendar; Gemenge zu Häfen für Krystall- und weisses Hohlglas, mit Mennige, Pottasche und Soda[1]):

---

[1]) Chemische Analyse einer der besten Varietäten von dort, Thon von Ebernhahn, übertrifft die 30proc. feuerfesten mit dem Bindevermögen = 7—8.

Thonerde .	37,95	
Kieselsäure	46,97	32,18 chemisch geb. / 14,79 Sand.
Magnesia .	0,11	
Kalk . . .	0,04	
Eisenoxyd .	0,95	
Kali . . .	3,00	
Glühverlust	10,02	
	99,04	

7,81 (Al^2O^3 1,42 SiO^3) + R O.

F. Q. = 5,50.

13 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

Dieser Thon muss nach dem Sortiren geschlämmt, durch ein enges Sieb gelassen und alsdann getrocknet werden. Wenn der Ofen mit Steinkohlen geheizt wird, so sollen diese Häfen 90 Schmelzungen aushalten.

Umgekehrt wendet Benrath, wie oben gesagt, auf der Dorpater Glashütte eine sehr magere Hafenmischung mittelst Vallendarer Thon an, welche deshalb sehr wenig schwindet und sich dort seit Jahren bewährt hat, aus:

4 Theile roher Thon,
6 „ gebrannter Thon,
3 „ Hafenscherben.

14) Thon von Deggendorf. Dieser Thon wird hauptsächlich in Bayern und Böhmen angewendet; für Sätze mit Glaubersalz ist er kaum brauchbar, um so besser aber da, wo Mennige, Pottasche und Soda verschmolzen werden:

10 Theile roher Thon,
6 „ gebrannter Thon,
6 „ Hafenscherben.

15) Thon von Klingenberg. Die erste Sorte des Klingenberger Thones gehört und übertrifft selbst noch die 50proc. feuerfesten und ist höchst bindend:

10 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

16) Thon von Kehlheim:

9 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

17) Andere Vorschrift:

11 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

Diese Häfen leisten Glaubersalzsätzen nicht lange Widerstand, dagegen sollen sie für solche mit Pottasche und Soda sehr gut sein; sie schwinden beträchtlich.

18) Thon von Schwarzenfeld.[1]) Derselbe, mit einem Bindevermögen = 9, erreicht nicht die 30 proc. feuerfesten:

8 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

Diese Häfen haben dieselbe Eigenschaft wie die Gemenge 16 und 17, zeigen ein beträchtliches Schwinden und verziehen sich stark. Um daraus Häfen zu fertigen, die der Einwirkung des Glaubersalzes widerstehen, muss man diesen Thon durch Zusatz anderer Thone verbessern.

19) Die folgende Zusammensetzung soll stets ausgezeichnete Resultate geliefert haben:

7 Theile Thon von Lengenau,
7 „ „ „ Schwarzenfeld,
5 „ „ „ Klingenberg,
5 „ gebrannter Thon von Schwarzenfeld,
5 „ Hafenscherben.

Der Thon von Lengenau vermehrt in dieser Zusammensetzung die Menge des fetten Thones nicht, man kann ihn als nicht vorhanden betrachten. Durch einen Zusatz von diesem Thone in rohem Zustande zu den Gemengen 14, 16 und 17 lassen sich diese Häfen sehr gut zu Glaubersalz- und Kochsalzsätzen gebrauchen.

20) Häfen zu optischen Gläsern, Flint- und Crownglas:

6 Theile roher Thon von Lengenau,
6 „ gebrannter Thon von Namur,
6 „ roher Thon von Namur,
5 „ Hafenscherben.

Diese Häfen sollen an das Glas keine Thonerde abgeben.

21) Stourbridge-Thon:

8½ Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

---

[1]) Chemische Analyse des Thones von Schwarzenfeld:

Thonerde .	30,69	
Kieselsäure	53,10	{ 31,95 chemisch geb. / 21,15 Sand.
Magnesia .	0,32	
Kalk . . .	0,28	
Eisenoxyd .	3,41	
Kali . . .	1,33	
Glühverlust	10,50	
	99,63	

Gibt $4.27\,(Al^2O^3\,1.98\,SiO^3) + RO.$

und F. Q. = 2,15.

Dieser Thon[1]) muss mit Wasser angerührt, durch ein Pferdehaarsieb gelassen und dann getrocknet werden.

Der Stourbridger Steinkohlenschieferthon gibt sowohl das geschätzteste Material ab für die Glasschmelzgefässe als auch für die Glasöfen. Nach Pütsch lässt er sich zu Steinen für die Glasöfen ohne jedweden Zusatz von gebranntem Thon mit Erfolg verarbeiten. Von feuerfesten Steinen aus Stourbridge-Thon tragen nach Benrath die renommirtesten die Marke „Cowen".

22) Eine andere Vorschrift zu Spiegelglashäfen (Cuvette):
7 Theile roher Thon,
5 „ gebrannter Thon,
5 „ Hafenscherben.

Anfertigung der Häfen. — Wir können dabei unterscheiden zwischen vier verschiedenen Operationen: deren Anfertigung in Formen oder aus freier Hand, das Trocknen der weichen Häfen und deren Behandlung während desselben, ferner das Brennen und schliesslich das Placiren der fertigen und durchbrannten und endlich einzuglasenden Häfen.

Die Häfen als solche zeigen Unterschiede in Beziehung auf ihre Art, Gestalt und Grösse.

Bei der Anfertigung des Hafens, welche immer recht vorzeitig geschehen muss, ist zu beobachten: ein sorgsames Herauskneten der Luftbläschen, genaues Anlegen der Masse und ist es nothwendig, die Arbeit so schnell wie möglich zu fördern.

Das Formen der Häfen. — Dies ist eine der schwierigsten, die grösste Umsicht und Geschicklichkeit in Anspruch nehmende Arbeit, auf deren gewissenhafte und sorgfältigste Ausführung ausserordentlich viel ankommt. Wie verschieden man im Einzelnen bei der Anfertigung der Häfen auch zu Werke geht, so lassen sich doch alle Methoden auf

a) die des Formens in hölzernen Formen und
b) die des Formens in freier Hand

zurückführen.[2])

a) Formen in hölzernen Formen. — Zum Formen in der Form bedient man sich einer kreisrunden Scheibe von Holz, des Hafenbrettes[3]), Fig. 74, als Unterlage, auf welcher man mit dem Formen

[1]) Derselbe ist, wie bekanntlich alle Schieferthone, wenig bindend und ist daher recht auffallend der bedeutende Zusatz an gebranntem Thon wie Hafenscherben in der gegebenen Vorschrift.

[2]) Alle Versuche, Häfen auf mechanischem Wege, z. B. auf der Drehscheibe oder durch Pressen herzustellen, haben bisher unbefriedigende Resultate gegeben. cf. Benrath, Glasfabrikation, S. 87.

[3]) Nach Pütsch empfiehlt es sich, einen gebrannten Stein (Charmottestein) von der gehörigen Grösse zu nehmen. Der Boden des Hafens braucht dann

des Hafens nicht nur den Anfang macht, sondern ihn auch, so lange er noch weich ist, von einer Stelle zur andern transportirt; für letzeren Zweck ist dasselbe häufig, wie in Fig. 74, auf eine Tragbahre genagelt; gewöhnlich gibt man dem Hafenbrett einen etwas kleineren Durchmesser, als der Boden des Hafens erhalten soll, damit die Form darüber gestürzt werden kann, legt es, bevor man mit der Arbeit beginnt, 24 Stunden in Wasser und überzieht es hierauf mit grober Leinwand und bestreut es mit Sand. Die eigentliche Form, gewöhnlich aus Fassdauben angefertigt, die auf eiserne Reifen genagelt werden, besteht aus zwei mittelst eiserner Charniere verbundenen Theilen, so dass sie nach Belieben geschlossen und geöffnet werden kann. Das Innere der Form entspricht genau der äusseren Gestalt, den die Häfen erhalten sollen.

Fig. 74.

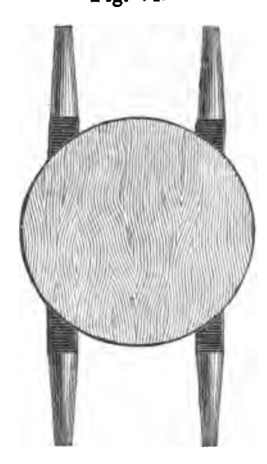


Fig. 75.



Fig. 75 zeigt die Form über das Hafenbrett gesetzt.

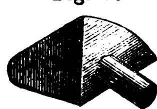
Auf die Mitte des Hafenbretts bringt der Arbeiter ein genügend grosses Stück compacten Thones, um daraus den Boden des Hafens und den fünften Theil der Höhe seiner Seitenwände herstellen zu können, stürzt die mit angefeuchteter, weder zu feiner noch zu grober Leinwand in mehreren Stücken ausgekleidete Form darüber und beginnt die Mitte der Thonmasse mit einem runden, hölzernen,

---

noch nicht die Hälfte der Zeit zum Trocknen. Notizbl. VIII, S. 226. Unstreitig ist ein solcher Charmottestein, auf den man noch besser ein leinenes Tuch legt, und dasselbe mit pulverisirtem Charmottestückchen bedeckt, worauf der Hafen alsdann zu stehen kommt, dem Hafenbrett weit vorzuziehen. Das Brett, sobald es mit der ersten Feuchtigkeit sich vollgesogen hat, verhindert deren weiteren Abzug.

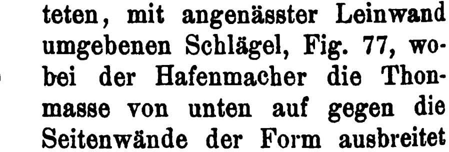
ebenfalls mit nass gemachter Leinwand bekleideten Schlägel, Fig. 76, zu bearbeiten, wobei er den Thon von der Mitte gegen die Seitenwände der Form treibt und darauf sieht, dass die das Brett bedeckende Thonschicht diejenige Stärke behalte, die man dem Boden geben will. Hieraufs treibt man unter beständigem Schlagen den überschüssigen Thon von unten nach oben, so dass zuletzt eine flache Schale mit vorlaufendem Rande entsteht, auf welchem der weitere Aufbau des Hafens erfolgt. Zu diesem Behufe schneidet des Hafenmacher 54 Cm. lange, 10 Cm. breite und 10 Cm. dicke Streifen des zubereiteten Thones ab, formt sie zu runden Cylindern, Colombins genannt, und furcht diese der Länge nach mit den Fingern, um die Oberfläche anzufrischen und das Haften an den Seitenwänden der Schale zu befördern.

Fig. 76.



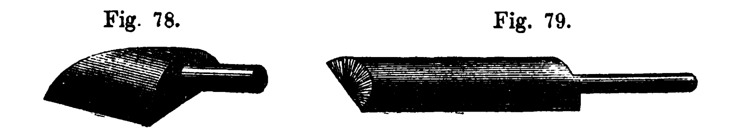
Einen der so vorgerichteten Cylinder legt der Hafenmacher auf den gegen seine Brust gestemmten nackten linken Vorderarm, das den Arm überragende Ende des Cylinders mit der linken Hand und die Spitze desselben mit seiner rechten Hand unterstützend, und neigt sich in dieser Stellung über den Rand der Form und drückt ganz nahe am Boden, doch ohne diesen zu berühren, das Ende des Thoncylinders gegen die Seitenwand der Schale, und zwar so, dass nur an einer kleinen Stelle eine Berührung stattfindet und keine Luft eingeschlossen wird. Nun vereinigt er den Cylinder mit dem Rande der Schale, indem er die Berührungspunkte mit dem Daumen und Zeigefinger der rechten Hand stark zusammendrückt. Die Arbeit fortsetzend nähert er den noch übrigen Theil des Cylinders der Seitenwand der Form in dem Maasse, als er mittelst des Druckes mit der rechten Hand, in Abständen von 8 zu 8 Cm., die fernere Vereinigung zwischen Schale und Cylinder bewirkt. Wollte der Hafenmacher den Cylinder auf einmal auflegen, andrücken und befestigen, so würde er Gefahr laufen, Luftblasen an den Berührungsstellen einzuschliessen. Diesem ersten Cylinder folgt ein zweiter, dritter u. s. w., alle auf's Vollkommenste mit einander verarbeitet, bis der wulstförmige Ring geschlossen ist. Jetzt beginnt die Bearbeitung mit einem wie eine Pritsche gestalteten, mit angenässter Leinwand umgebenen Schlägel, Fig. 77, wobei der Hafenmacher die Thonmasse von unten auf gegen die Seitenwände der Form ausbreitet und darauf Bedacht hat, dass überall die gleiche Wandstärke und Höhe eingehalten werden. Nachdem er noch den Rand nach oben

Fig. 77.



abgeflacht oder zugeschärft hat, werden auf dieselbe Weise von Neuem Cylinder angelegt, bis man an dem oberen Rande der Form angekommen ist. Hierauf stellt man durch leichte Schläge mit verschieden gestalteten Schlägeln, Fig. 78 und 79, die man zur

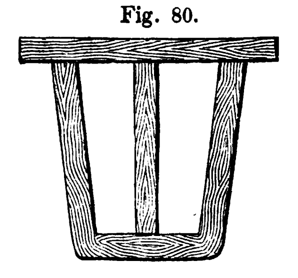
Fig. 78. Fig. 79.



Hand hat, die concentrisch gleichmässige Stärke der Wand her. Diese Schläge müssen der eine neben dem andern gegeben werden, sobald man die Masse von unten nach oben treibt, oder von der einen Seite zur andern, wenn man sie nach solchen Stellen drückt, wo zu wenig vorhanden ist, wobei man von Zeit zu Zeit die Masse von oben nach unten wieder zusammenpresst. Sollten trotz aller Vorsicht Luftblasen in dem verarbeiteten Thone eingeschlossen sein, was man an den kleinen Hervorragungen erkennt, die sich während des Schlagens bilden, so bringt man sie dadurch zum Verschwinden, dass man diese Stellen mit einem Messer einschneidet und alsdann wieder mit dem Schlägel bearbeitet.

Um sich zu vergewissern, dass der Boden überall die gleiche Stärke hat, bedient sich der Hafenmacher einer Leere, die eine mit der Höhe des Hafens weniger der Stärke seines Bodens gleiche Länge hat, Fig. 80. Beim Gebrauch derselben legt er ein Lineal auf die Ränder der Form, die Leere muss alsdann den Raum zwischen diesem und dem Boden genau ausfüllen. Was die Stärke der Wände betrifft, so lässt sich dieselbe stets gleichförmig herstellen, wenn man sich ebenfalls einer für Häfen von bestimmter Grösse angefertigten Leere bedient; zu dünne Stellen offenbaren sich durch den Zwischenraum zwischen Leere und Wand, zu dicke dadurch, dass die Leere nicht ohne Gewalt um ihre senkrechte Achse gedreht werden kann. Nachdem der Arbeiter die Seitenwände berichtigt und abgeglichen und damit die Arbeit beendigt hat, bildet er am Rande innerhalb des Hafens einen Wulst, bestimmt, theils als Verstärkung zu dienen, theils um den Hafen, wenn er im Feuer steht, mit dem Haken besser fassen und handhaben zu können.

Fig. 80.



Der soweit fertige Hafen bleibt bei trockener Witterung 4 bis

5 Tage, bei feuchter 8—10 Tage stehen, bevor man die Form öffnet, während welcher Zeit man den Boden und die Seitenwand stark schlägt. Wenn man glaubt, dass der Thon die gehörige Consistenz erhalten hat, lüftet man durch Wegnahme der Vorstrecker, welche die eisernen Reifen zusammenhalten, in etwas die Form, der Hafen löst sich alsdann von dieser ab und man kann nach einigen Stunden nachsehen, ob die Wände zusammensinken oder ausweichen wollen, in welchem Falle man die Form, ehe man sie ganz öffnet, noch einige Tage ruhig stehen lässt. Man zieht dann ein Stück Leinwand nach dem andern ab, drückt die Fugen, die sich etwa an der äusseren Fläche des Hafens noch zeigen sollten, mit der Spitze des Zeigefingers zu, überfährt aussen den ganzen Hafen mit einem nassen Schwamm und schneidet, wie gewöhnlich, am Boden eine 26 Mm. tiefe Zarge, um den in Feuer stehenden Hafen bequemer fassen und handhaben zu können.

Von jetzt ab müssen die fertigen Häfen täglich genau untersucht werden, ob sich nicht hier oder da ein Riss zeigt. So lange der Thon noch ziemlich weich ist, kann man solche Risse durch Ausstreichen und Zusammenschieben beseitigen, doch darf man solche Stellen nicht etwa nass machen oder gar mit frischem Thon belegen, wenn nicht wegen der ungleichen Feuchtigkeit und des ungleichen Austrocknens der Fehler verschlimmert werden soll. Ist aber der Hafen bereits so weit getrocknet, dass er nur schwierig noch Eindrücke von dem Finger annimmt, so thut man am besten, ihn ganz zu zerschlagen, die Stücke einzuweichen, zu kneten und einen neuen Hafen daraus zu formen.

b) Das Formen aus freier Hand. — Diese Art des Hafenmachens hat Das für sich, dass hierbei der Thon von zwei Seiten bearbeitet wird und also die Wahrscheinlichkeit, alle Luftblasen zu entfernen, eine viel grössere ist.

Das äussere Ansehen der so gemachten Häfen ist zwar nicht so schön, als wenn sie in der Form hergestellt sind, dagegen ist nach Pütsch die Haltbarkeit eine grössere, und trotz der grösseren Schwierigkeit in der Herstellung hat sich auf den meisten Glashütten eine solche aus freier Hand eingebürgert.

Benrath fand bei Anwendung beider Arten des Hafenformens keinen Unterschied in der Haltbarkeit, wohl aber in letzterer ein Mittel, die Arbeit eines fremden Hafenmachers zu taxiren.

Die Arbeit fängt, wie das Formen in der Form, mit der Bildung des Bodens an. Die Masse darf, wie oben gesagt, keinenfalls zu weich sein, und sind die Grenzen, innerhalb deren die Steifigkeit schwanken kann, hier viel engere. Das Hafenbrett liegt auf einer hölzernen Unterlage, die aus zwei kreuzweise verbundenen

Klötzen aa besteht (Fig. 81), so dass dasselbe über dem Boden etwa 31—39 Cm. hoch ist und der Arbeiter bequem arbeiten kann. Dieser wirft nun so viele, durch Rollen auf dem Hafentische zubereitete Cylinder mit aller Gewalt auf die Mitte des Brettes aufeinander, bis er Thonmasse genug zu haben glaubt, um daraus den Boden formen zu können, wobei er den Haufen mittelst des Stampfers, Fig. 82, ausbreitet. Ein geübter Arbeiter trifft dies stets so genau, dass er keine anderen Hülfsmittel bedarf um von vornherein dem Boden die richtige Stärke zu geben; im anderen Falle untersucht er dies mit der Leere, Fig. 83, wo er dann das Ueberflüssige am Rande abstreicht. Nachdem dies geschehen ist, wird dem Boden seine gehörige Gestalt gegeben, und der Rand desselben mit der Hand etwas niedergedrückt, so dass rund herum eine Rinne entsteht, in welche die Cylinder, die den Anfang der Seitenwände bilden sollen, eingelegt werden können. Zu dem Ende nimmt der Arbeiter einen Cylinder in die rechte Hand, legt das vordere Ende in die Rinne und drückt solche mit dem dritten Gelenke des Zeigefingers an. Damit aber die Masse durch diesen Druck nicht zu sehr ausweiche, so legt er die linke Hand in die innere Fläche der Seitenwand, gerade dem Orte gegenüber, wo die Rechte andrückt, so dass diese einen Unterstützungs- und Widerstandspunkt abgibt. Sobald nun das Ende auf diese Weise angedrückt ist, fährt der Arbeiter etwa 2 Cm. an demselben zurück, drückt von Neuem an, wobei er immer die linke Hand gegenüber hält, und fährt hiermit so lange fort, bis der ganze Cylinder eingelegt und fest angedrückt ist. Nun nimmt er einen zweiten Cylinder, setzt das Ende desselben an das Ende des ersteren an, drückt ihn so, wie oben beschrieben, nach und nach an und wiederholt diese Operation mit neuen Cylindern so lange, bis er den ganzen Rand des Bodens besetzt hat. Darauf werden die übrig gebliebenen Fugen durch kleine, nahe aneinander gesetzte, mit der Spitze des Zeigefingers gemachte Eindrücke geschlossen, und die noch vorhandenen Un-

Fig. 81.

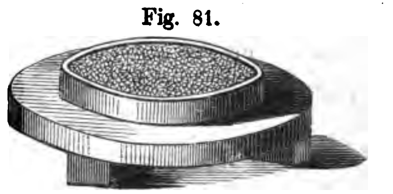
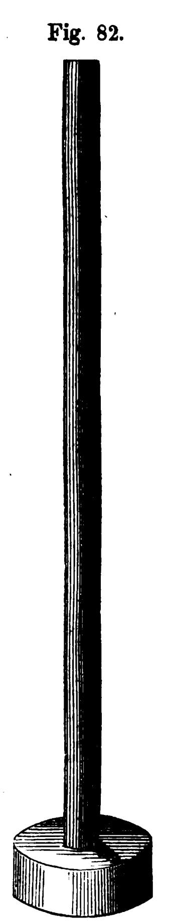
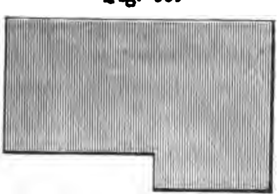


Fig. 82.



ebenheiten mit dem Ballen der Hand, die man etwas nass macht, glatt gestrichen. Es bleibt jetzt nur noch übrig, diesen Ansatz kreisrund und von gehöriger, gleichförmiger Dicke zuzurichten. Hierzu schneidet sich der Arbeiter 5 Stäbchen von der Länge des äusseren Durchmessers der Häfen in verschiedenen Höhen und merkt an jedem Ende dieser Stäbchen mit einem Kerbe, die einem jeden der Durchmesser zugehörige Dicke der Hafenwand. Legt er nun nach und nach eins der Stäbchen quer über seinen Hafen nach verschiedenen Richtungen, so vermag er leicht zu beurtheilen, ob die Rundung und Dicke überall vorschriftsmässig sind, und kann mit geringer Mühe die überflüssige Masse hinwegnehmen. Anstatt der Stäbchen kann man sich auch der bereits angegebenen Leere bedienen. Ist nun auf diese Weise die Seitenwand angefangen und abgeglichen, so macht der Arbeiter den zweiten Satz, indem er die neue Schicht von Cylindern rund herum, ebenso wie die ersten ansetzt, die Fugen schliesst, ausebnet und das Ganze nach dem Kaliberstäbchen ausgleicht. So wird fortgefahren, bis der Hafen fast seine halbe Höhe erreicht hat, dann lässt man ihn etwa 24 Stunden lang stehen, bis die Masse etwas angezogen hat, d. h. etwas getrocknet ist, und so viel Steifigkeit erhalten hat, um die noch darauf zu setzende Last tragen zu können, und nicht weicht, zusammenstürzt oder auch nur baucht. Die Arbeit wird in der vorgeschriebenen Weise so lange fortgesetzt, bis der Hafen die erforderliche Höhe erreicht hat, wobei sich der Arbeiter so einrichtet, dass jeder neue Satz von Cylindern den Hafen immer nur um 4,7—7 Cm. höher macht.

Fig. 83.



Statt das Hafenbrett, um seine unmittelbare Berührung mit der Thonmasse zu verhüten, in Wasser quellen zu lassen oder mit Sand zu bestreuen, ehe man den Thon darauf bringt, empfiehlt ferner Stein die Anwendung eines eisernen Ringes von dem Durchmesser des Hafenbodens und etwa 3,5 Cm. Höhe, welcher an einer Seite offen ist und durch einen Vorstecker geschlossen werden kann. Dieser Ring wird auf das Hafenbrett gelegt und der von ihm umschlossene Raum mit gebranntem und gestossenem Thon angefüllt. Ist der Hafen geformt, so wird der Ring fortgenommen, die Hafenmasse kann sich nun nicht blos ungehindert zusammenziehen, sondern auch nach unten durch den Thon austrocknen. Ohne die eine oder andere dieser Vorsichtsmaassregeln würden durch die entgegengesetzten Bewegungen, die durch das Aufquellen und Eintrocknen des Hafenbrettes entstehen, Risse in dem Boden verursacht werden.

Die weitere Behandlung der so angefertigten Häfen, bis zum Brennen derselben, erfolgt ganz in der beim Formen in der Form angegebenen Weise. Im Allgemeinen müssen die Wände der Häfen so dünn wie möglich sein (wobei man jedoch auf die Zähigkeit des Thones, sowie auf das Gewicht des zu tragenden flüssigen Glases Rücksicht zu nehmen hat), damit sie leichter von der Wärme durchdrungen werden; dicke Wände wirken in derselben Weise wie kalte Bänke; trotz einer über alles Maass fortgesetzten Schmelzung und Läuterung wird das Glas niemals recht klar, und wenn es durch die Läuterung endlich klar geworden ist, kühlt es sich während des Blasens ab, entglast und wird krätzig. Die verschiedene, d. h. nicht gleichmässige Stärke der Wände hat einen solchen Einfluss auf das Schmelzen, dass derselbe oft durch eine merkliche Verschiedenheit in den Producten eines und desselben Ofens zum Vorschein kommt.

Eine neue Methode, Häfen herzustellen, wurde Stenger (Bayr. Industrie- und Gewerbeblatt, Juni 1872) für Bayern patentirt. Die Hafenmasse aus grünem Thon und Charmotte wird mit Wasser angemacht und durch Röhren in das vollkommen geschlossene Hafenmodell in einem continuirlichen Strome eingepresst. Die Wände des Modells sind mit einem Filterstoff bekleidet, welcher dem Wasser unter dem hohen Druck den Austritt gestattet, so dass die Hafenmasse in einem sehr verdichteten und ziemlich trockenem Zustande zurückbleibt. Es wird bei der Methode unter Anderem die völlige Gleichmässigkeit der Wandstärke, die Unabhängigkeit von der Geschicklichkeit des Arbeiters, die viel grössere Production gerühmt; wogegen bereits oben angeführt wurde, dass eine solche gegossene Masse bedeutend mehr schwindet.

In ähnlicher Weise werden in der Porzellanfabrikation, so in Sèvres, grosse Stücke gegossen, indem man die flüssige Porzellanmasse in eine Gypsmasse fliessen lässt.

Trocknen der Häfen. — Dies ist von allen Operationen bei der Anfertigung der Häfen bei Weitem die subtilste und gefährlichste, wobei die geringste Unvorsichtigkeit in der Leitung der Temperatur während dieses Processes nicht selten den Verlust einer grossen Anzahl bis dahin gut gelungener Häfen zur Folge haben kann. Es muss alles vermieden werden, was zu schnelle oder auch partielle Trocknung hervorrufen kann. Directes Sonnenlicht darf z. B. auf keinen Hafen fallen. Je langsamer ein Hafen trocknet, wobei auch jede Erschütterung zu vermeiden ist, je besser. Es gibt Glasfabriken, welche die Häfen ein halbes Jahr stehen lassen, ehe sie dieselben benutzen. Hauptsächlich ist es der Boden des Hafens, welcher nicht nur wegen seiner im Vergleich zu der

bei Weitem grösseren Stärke der Wand, sondern auch wegen der weit ungünstigeren Verhältnisse, in welchen er sich in Betreff des Trocknens zu den anderen Theilen des Hafens befindet, so viele Rücksichten erfordert.

Um ein gleichmässiges Zusammenziehen des Bodens zu erreichen, wird empfohlen, den Boden im Innern des Hafens mit einem nass gemachten und wieder ausgedrückten grossen Schwamm zu bedecken.

Nach Loysel kommt Alles darauf an, dass, ehe die Häfen in den Anwärmeofen kommen, das Trocknen anfänglich sehr langsam bei einer Temperatur erfolge, die mit 10—12½° C. anfängt und mit 37—40° C. endigt. Die Uebergänge dürfen, besonders im Anfange, keine plötzlichen sein, sondern müssen nach und nach gradweise erfolgen. Die Zeit, welche die Häfen zum Austrocknen gebrauchen, ist nach dem Feuchtigkeitszustande der umgebenden Luft verschieden, im Allgemeinen aber nicht unter 4 Monaten. Demnach würde die Zunahme der Temperatur so zu reguliren sein, dass sie für je 5 Tage etwa 1° C. betrüge. Den Wassergehalt der Luft in der Hafenstube erfährt man am besten vermittelst eines in derselben aufgehängten Psychrometers, d. i. zweier genau correspondirender Thermometer, von welchen die Kugel des einen mit Musselin, der mit destillirtem Wasser nass gehalten wird, umhüllt ist. Wenn beide Thermometer fast denselben Stand zeigen, so ist es nöthig, einen Luftwechsel eintreten zu lassen. Dies geschieht durch vorsichtiges Oeffnen der Fenster, wobei man darauf zu sehen hat, dass die Häfen nicht von einem einseitigen Luftstrome getroffen werden. Noch besser ist es, wenn das Local an der Decke oder an den Seitenwänden mit einzelnen Luftlöchern versehen ist, die nach Bedürfniss leicht geöffnet und wieder geschlossen werden können. Sind nach Verlauf von etwa 4 Wochen die Häfen hinlänglich abgetrocknet, so kehrt man sie um, d. h. den Boden nach oben gerichtet, damit auch dieser trockne. Man bedient sich hierzu eines eigenen, zweiräderigen Schubkarrens von einer ähnlichen Einrichtung, wie sie auf Fruchtböden zum Transport von Getreidesäcken gebräuchlich sind.

Es wird vielfach, jedoch mit Unrecht, empfohlen, die Häfen während der ersten 4 Wochen täglich zu schlagen; sie müssen vielmehr während des Trocknens vor jeder Erschütterung bewahrt werden, damit die neben einander liegenden Theilchen keine Verschiebung erleiden, wodurch unzählige Risse entstehen würden; nur in den ersten Tagen stampft und schlägt man den Boden des Hafens so lange, bis er nicht mehr leicht Eindrücke annimmt.

Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes verweise ich hier auf

das bereits oben angegebene und in England befolgte Verfahren, wonach man die Häfen in einer mit Wasserdampf vollkommen gesättigten Luft längere Zeit einer höheren Temperatur aussetzt. Ist dabei der Zweck, dass das Innere ebenfalls die höhere Temperatur annehme, ohne dass die Oberfläche in der feuchten Luft trocknen kann, einmal erreicht, so erfolgt das Trocknen in höherer Temperatur ebenso gefahrlos in Bezug auf das Reissen, und weit rascher, als bei niedriger.

Das Brennen der Häfen. — Ehe die vollkommen trockenen Häfen in den Schmelzofen kommen, müssen sie recht allmählig und mit sorgsamster Beobachtung schwacher und langsamer Steigerung [1]) auf die Temperatur desselben erhitzt werden; denn nur in rothwarmem Zustande kommen sie in den Glasofen. Dies geschieht in dem Aufwärm- oder Temperofen, einem Flammofen, der entweder mit dem Schmelzofen verbunden und durch die aus letzterem abgehende Wärme geheizt wird, oder besser von diesem getrennt mit eigener Feuerung versehen ist. Abwesenheit jeglicher Stichflamme ist die Grundbedingung beim Hafentempern. Das Innere des Ofens ist aus feuerfesten Steinen aufgeführt, die äusserlich mit einer Rauchmauer von gewöhnlichen Ziegeln umgeben sind. Die Häfen stellt man auf die Sohle desselben nicht unmittelbar, sondern auf einige auf die hohe Kante gestellte Backsteine. Den Eingang zum Ofen verschliesst man mittelst Platten aus gebranntem Thon, wobei man im oberen Theile des Eingangs eine Oeffnung lässt, die der Flamme und dem Rauch den Ausgang gestattet.

Wenn der Ofen in dieser Weise vorbereitet ist, öffnet man zum Theil den Fuchs zum Schmelzofen, so dass sich das Innere nach und nach erwärmt. So lange die Hitze noch nicht die anfangende Rothgluht erreicht hat, muss man um so mehr vorsichtig sein; alsdann öffnet man den Fuchsgang und steigert durch ein Steinkohlen- oder Holzfeuer, welches man durch eine in dem unteren Theile der Schlussplatte angebrachte Oeffnung unterhält, die Temperatur bis zu der des Schmelzofens.

Gewöhnlich beginnt man mit dem Erhitzen der neuen Häfen, nachdem man die alten mit dem Glassatz beschickt hat; während derselbe schmilzt, sucht man die Hitze auf Rothgluht zu bringen, damit die Häfen gegen das Ende des Blasens, der Moment, wo das Einsetzen beginnt, gehörig erhitzt sind.

Das Setzen der Häfen. — Das Setzen der völlig ausgetrock-

---

[1]) Dasselbe ganz allmählige Aufwärmen oder Auftempern gilt auch ebenso beim ersten Gebrauch eines neuen Schmelzofens.

neten 4—6monatlichen und nur ausnahmsweise jüngeren, hierauf angetemperten resp. glühenden Häfen in dem etwas abgekühlten Ofen muss unter Vermeidung von Beschädigung wie selbst leichter, oft kaum sichtbarer Risse geschehen, wozu die französische fahrbare Ofengabel die geeignetste Hülfe bietet. Die Häfen haben eine wesentlich höhere Temperatur oben gegen den Rand hin auszuhalten, als unten am Boden, und ist hier auch immer der stärkste Angriff bemerkbar.

Stellung der Häfen. — Schliesslich sind die Häfen am Feuerschlunde richtig zu stellen und dürfen keinenfalls darüber hinaushängen.

Einglasen oder Aussäumen der Häfen, — In dem neuen Hafen sind das erste Mal blos Glasscherben oder Schmelze, die man sorgfältig über die ganze innere Fläche ausbreitet, und das zweite Mal Glassatz mit einem grossen Verhältniss von Glasabfällen einzuschmelzen, wodurch sich die bis dahin poröse innere Wandung des Hafens mit einem harten, und je mehr gesättigt, schwerschmelzbaren Thonglase überzieht, das den Flussmitteln der nachfolgenden Sätze besser widersteht und den Hafen vor der unmittelbaren Berührung mit dem geschmolzenen, aber noch nicht mit Kieselsäure gesättigten Basen schützt.

Art der Häfen. — Die Häfen sind entweder oben oder seitlich offen; die ersteren sind die gewöhnlich gebrauchten, während man letztere hauptsächlich bei Steinkohlenfeuerung, beim Schmelzen von Krystallglas oder überhaupt da anwendet, wo man eine Verunreinigung der Glasmasse durch hineinfallende fremde Stoffe zu befürchten hat. Dieselben sind mit einem sehr dünnen Dome aus Hafenmasse überdeckt, der mit dem Hafen selbst ein einziges Stück bildet. Der röhrenförmige Schnabel des Domes füllt die Arbeitsöffnung genau aus und wird mittelst einer oder zwei Platten von gebranntem Thon geschlossen. Diese Platten haben in ihrer Mitte ein Loch, welches ebenfalls durch einen Thonpfropf verschlossen gehalten wird. Das Schmelzen geht in diesen überdeckten Häfen nur langsamer von Statten.

Die Cuvetten zum Schmelzen und Giessen der Spiegel sind je nach der Form des Schmelzofens und der Anzahl, die er aufnehmen soll, bald rund, bald oval. Um als gut angesehen werden zu können, müssen sie mindestens 28—30 Schmelzungen aushalten, ihre Höhe wechselt zwischen 0,8—1 M.; häufig sind sie in zwei Drittel ihrer Höhe mit einem vorspringenden Wulste umgeben, um sie mit den Zangen besser fassen zu können; gewöhnlich haben sie einen Inhalt von 400—500 Kilogr.

Die Ringe oder Scheiben, die auf das geschmolzene Glas gelegt

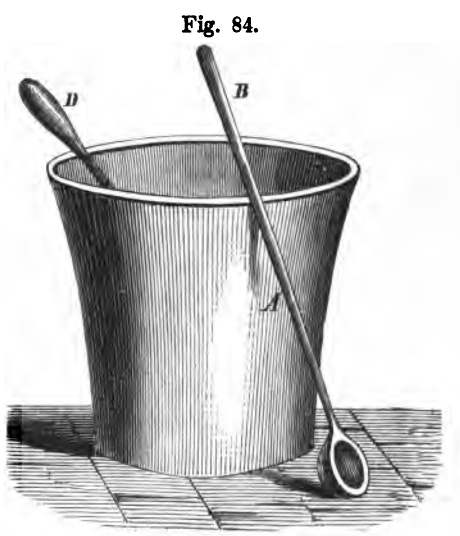
werdem, um während des Blasens dessen Oberfläche stets rein zu erhalten, sowie die sog. Klammern zum Ueberspannen eines Risses im Hafen, bestehen aus derselben Thonmasse, wie die Häfen.

Die Gestalt der Häfen. — Es ist diejenige Gestalt die beste, welche ausser Darbietung der grösstmöglichen Oberfläche der Wärme auch zugleich im Ofen leicht zu handhaben, bequem für den Arbeiter ist und eine genügende Menge schmelzenden Glases liefert.

Die gewöhnlich angewendeten Formen sind:

1) Runde Häfen mit kreisrundem Horizontalschnitt. Obgleich ein Cylinder, dessen Höhe seinem Durchmesser gleich ist, für das gleiche Volum die kleinste Oberfläche hat, so verliert man bei cylindrischen Häfen doch viel Raum in dem Ofen dadurch, dass man, um nicht die nöthige Circulation der Wärme um die Häfen zu unterbrechen, zwischen jedem derselben einen kleinen Zwischenraum lassen muss. Aus diesem Grunde hat man den runden Häfen die Gestalt eines umgekehrten, abgestumpften Kegels gegeben, bei welchem die beiden Durchmesser, je nach der grösseren oder geringeren Höhe um 11—15 Cm. differiren. Fig. 84.

Fig. 84.



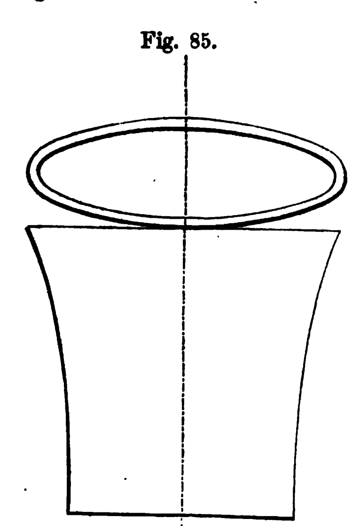
Diese Form hat ihre Vorzüge und ihre Mängel; sie ist vortheilhaft, wenn die Gesammtlänge einer Reihe Häfen der inneren Breite des Schmelzofens gleich oder nur wenig grösser ist als diese, in der Regel dem Dreifachen des grössten Durchmessers eines Hafens entspricht, während man die Länge des Ofens in dem Falle, dass man ein längliches Viereck dem wirklichen Quadrate vorzieht, nach dem Verhältniss = 5:4 bestimmt. Wenn man sich für einen quadratischen Ofen entscheidet, so stimmt die Zahl von 6 runden Häfen vollkommen mit dieser Rechnung überein; wollte man aber in denselben Ofen 8 Häfen ansetzen, so würde dies schon eine Aenderung in der Grösse des Durchmessers des letzteren und eine Beschränkung in der Breite des Ofens nothwendig machen, vorausgesetzt, dass man denselben Raum im Innern beibehalten wollte; in allen diesen Fällen würde alsdann das Verhältniss = 4:3 sein.

Weitere Vortheile, welche die runden Häfen darbieten, sind:

a) sie setzen einem von aussen kommenden Stosse einen grösseren Widerstand entgegen, so dass man verhältnissmässig sehr dünne Wände machen darf, und dies hat wieder zur Folge, dass die Wärme sie schneller durchdringt und leichter auf die zu schmelzende Glasmasse einwirkt. Auch umspielt die Flamme den runden Hafen leichter und besser und kehrt derselbe die Hälfte seiner Gesammtoberfläche denjenigen Stellen des Ofens zu, wo die Wärme die grösste Intensität erreicht; b) sie lassen sich um ihre Achse drehen, so dass man eine, etwa auf der dem Feuer zugekehrten Seite entstandene fehlerhafte Stelle nach vorn bringen und das Ausfliessen von Glas aus einer Ritze oder einem Loche verhindern kann; c) erfordern sie zu ihrer Anfertigung auch weniger Thon und diese selbst ist leichter. Sie sind hauptsächlich in allen Glashütten in Gebrauch, wo man eine gute Steinkohle hat und wo man auf häufigere Unfälle der Häfen sich gefasst macht.

2) Ovale Häfen mit elliptischem Horizontalschnitt (Fig. 85). Die Häfen von mehr oder weniger elliptischer Gestalt sind besonders in denjenigen Glashütten von grosser Brauchbarkeit, welche geschickte Hafenmacher haben und deren Schmelzöfen mehr als 6 Häfen aufnehmen sollen; nöthigenfalls kann man die ovalen Häfen, wenn sie nicht dicht neben einander stehen, auch einmal wenden. Beim Weichwerden bauchen sie sich leichter aus, wozu namentlich die flacheren Seiten sehr geneigt sind. Glashütten, welche Brennmaterial von geringer Qualität anwenden oder in welchen in Folge der fehlerhaften Bauart des Ofens die strahlende Wärme keine Wirkung äussert, sind genöthigt, den Häfen eine solche Gestalt zu geben, damit das darin befindliche Glas der von der Flamme reflectirten Wärme die grösste Oberfläche darbietet. Diese können sich daher mit Vortheil runder Häfen nicht bedienen, ihnen sind die ovalen Häfen, denen man eine sehr grosse Oberfläche gibt, so dass der grösste Theil des Glases unmittelbar von der Flamme getroffen wird, unentbehrlich. Ausserdem erlaubt die ovale Form eine beträchtliche Vergrösserung des Zwischenraumes zwischen den unteren Theilen des Hafens und so eine Vermehrung der Circulation der Wärme um die Häfen; einestheils

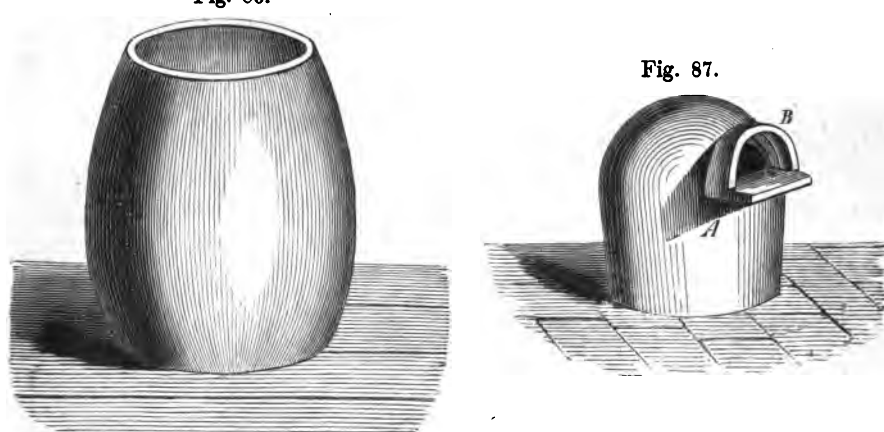
Fig. 85.



dadurch, dass man den Durchmesser am Boden verkleinert, anderntheils dadurch, dass man gegen die Arbeitsöffnung einen langen und breiten Schnabel anbringt. Da sich jedoch der grösste Theil des Glases in dem oberen Theile des Hafens befindet, so muss man dem Zusammensinken durch Verstärkungen oder vorspringende Wulste, die den Häfen mehr Festigkeit geben, zu begegnen suchen, während sie gleichzeitig in ihrer ursprünglichen Stellung verbleiben, wo sie sich gegenseitig stützen. Die ovalen Häfen sind hauptsächlich im nördlichen Frankreich und in Belgien in Gebrauch, sowohl bei Spiegel- und Fensterglas, wie auch bei Flaschen. In elliptischen und runden Oefen bedient man sich gewöhnlich eiförmiger Häfen, Fig. 86. In der Blei-Krystallglasfabrikation oder überhaupt in Glasfabriken, wo das Brennmaterial im Ofen viel Rauch oder Flugasche erzeugt, welche die Gemenge reduciren und das Glas wäh-

Fig. 86.

Fig. 87.



rend des Blasens verunreinigen würden, bedient man sich Häfen von allen den vorstehend beschriebenen Formen, nur sind dieselben, wie gesagt, gedeckt, d. h. mit einem sehr dünnwandigen, aus Hafenmasse gearbeiteten Dome überwölbt und bilden mit dem Hafen ein Ganzes. (Fig. 87.)

Eine Art von Häfen, die beim Spiegelguss zur Aufnahme des geläuterten Glases dienen, um dasselbe auf die Giesstafel auszugiessen und darum Giesshäfen heissen, haben eine quadratische oder länglich-viereckige Gestalt und werden in letzteren Falle Wannen[1]) genannt.

---

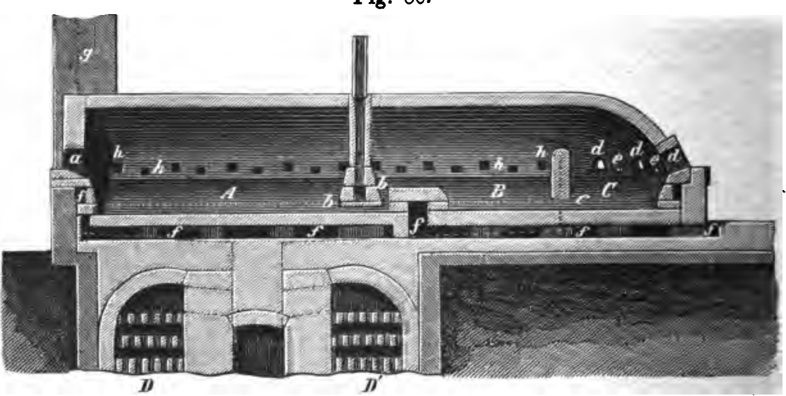
[1]) Geht man davon aus, dass die Schmelzung des Glases von der Oberfläche aus erfolgt, so ist diejenige Gestalt der Häfen die zweckmässigste, welche bei geringster Höhe dem Glase die grösste Oberfläche gewährt und geht dadurch der Hafen in die flache Form der Wanne über.

Besonders ist es Friedr. Siemens, der sich sowohl durch Einführung sogenannter continuirlicher dreikammeriger Häfen als durch einen weiter angebahnten Fortschritt, durch Darstellung des Glases im Arbeitsraume des Ofens selbst, in der berühmten Siemens'schen Wanne, welche aus mehreren Abtheilungen besteht und damit die Vortheile der ununterbrochenen Arbeit und solche für die grössere Haltbarkeit des Wannenmaterials gewährt, verdient gemacht hat. Als Material dazu dient eine sehr kieselsäurehaltige Masse aus stark geglühtem Quarzsand und gut gebranntem Thon, welche mit 25 Procent rohem Thon verbunden ist, womit die Wanne hergestellt wird. Anfänglich greift der schmelzende Glassatz allerdings die Masse stark an, alsbald aber bildet sich ein immer mehr mit Kieselerde gesättigtes und damit zähflüssigeres Glas, welches, da die Wanne im Boden durch besondere Luftcanäle beständig gekühlt wird, erstarrend ein weiteres Einfressen verhindert und die Hülle abgibt, in der gewissermaassen also Glas in Glas geschmolzen wird.

Zum Schmelzen des Glases in der Wanne bedient sich Siemens des bekannten, zur Zeit so grosses Aufsehen machenden und immer mehr verbesserten Braunkohlengasregenerativofens.

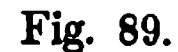
Siemens'. Wannenöfen. — Dieser Ofen findet sich nebst Zeichnung beschrieben in Dingler's Journal 1872, Bd. 204, S. 192 (siehe Fig. 88, 89 und 90). Fig. 88 zeigt den Längsschnitt durch die

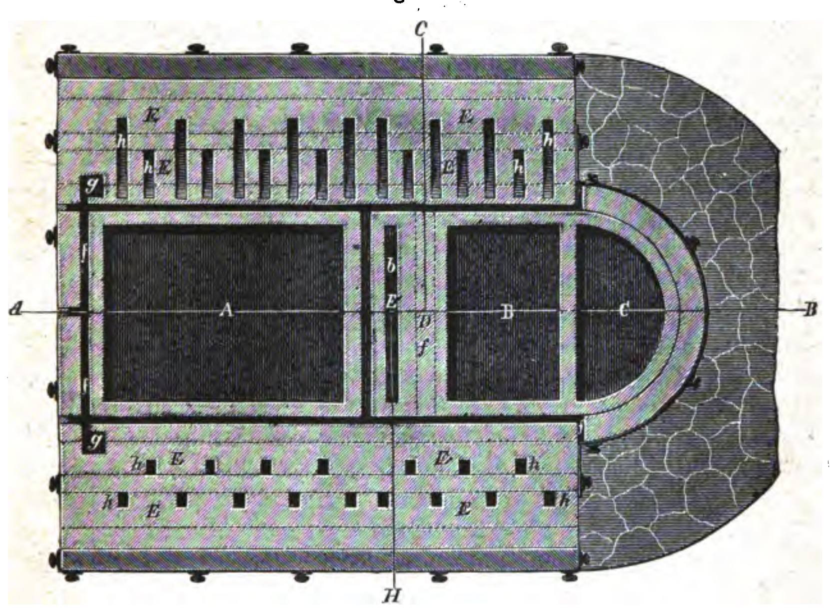
Fig. 88.



Wanne. Er erzeugt das Glas in einer einzigen Wanne, welche durch Zwischenwände in den Schmelzraum A, den Läuterraum B und den Arbeits- oder Kühlraum C getheilt ist. Die Flamme streicht über die Glasmasse und erhitzt dieselbe nur von der Oberfläche aus. Die nach begonnener Schmelzung im Raum A befind-

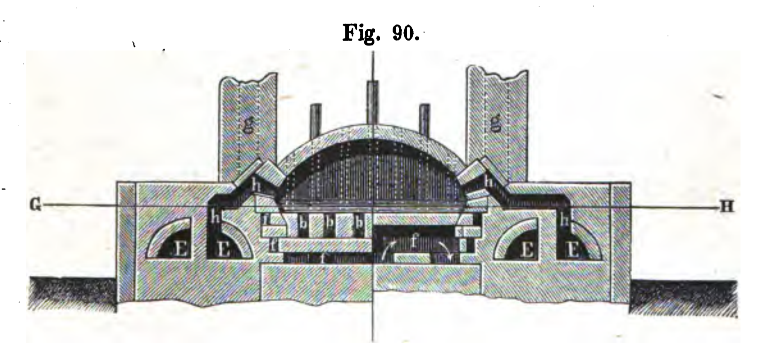
liche Glasmasse wird von Zeit zu Zeit mit einer höchstens 40 Cm. starken Schicht frischer Materialien bedeckt. Dieselben werden von der Flamme erhitzt, aber die schmelzenden Theile rinnen sofort


Fig. 89.



nieder und sammeln sich mit fortschreitender Schmelzung nach dem specifischen Gewichte an. Boden und Seitenwände sind zum Schutze gegen die Hitze mit Luftkühlungen e, e′, e″ versehen, in denen

Fig. 90.



vermittelst der kleinen Schornsteine s, s′ die nöthige Circulation erhalten wird. Diese Canäle haben auch noch den Vortheil, etwa durch die Fugen der Wanne gehendes Glas von dem Eintritt in

die tiefer gelegenen Regeneratoren abzuhalten. Das am vollkommensten geschmolzene Glas befindet sich auf dem Boden des Raumes A und wird von dort durch die Canäle a, a aufsteigend in die Läuterungsräume geführt, wo es zuerst über eine gekühlte Brücke fliesst. Hierbei kommt alles Glas zuvörderst an die Oberfläche, erhält hier von Neuem Hitze und gibt, da es keinen Druck über sich hat, leicht die eingeschlossenen Gasblasen ab. Das geläuterte Glas sinkt im Raume B wieder zu Boden. Vollkommen verarbeitungsfähig tritt das Glas nun unter der Scheidewand v hindurch in die letzte Abtheilung der Wanne C. Hier wird es nur noch schwach erhitzt und kann mit dem richtigen Grade der Abkühlung durch die Oeffnungen c, c entnommen und verarbeitet werden. Die Flamme streicht, wie die Zeichnung zeigt, quer über die Wanne. Gas und Luft strömen einzeln durch die abwechselnd stehenden Oeffnungen g und l, während der verbrannte Gasstrom durch die entgegengesetzt liegenden Oeffnungen in die Canäle G und L, die Regeneratoren R und A und von dort zum Schornstein gelangt. Durch diese rechtwinkelig zur Längsachse des Ofens geleitete Feuerung ist es möglich, jedem Ofentheile eine bestimmte Temperatur zu ertheilen. Aus diesem Grunde ist auch die gekühlte Zwischenwand bis an die Firste der Wanne geführt und dadurch der am meisten Hitze brauchende Schmelzraum A ganz von den übrigen Ofentheilen getrennt, während die Zwischenwand v nicht bis an das Gewölbe der Wanne reicht, damit ein Theil der Flamme in den Arbeitsraum streichen und diesen hinreichend warm halten kann. Die Gas- und Luftcanäle g und l sind nach aussen nur durch Thonglocken verschlossen, so dass man durch sie leicht das Innere des Ofens beobachten kann.

Der Erfinder hat den Wannenofen auf seiner Flaschenfabrik zu Dresden bereits seit 1870 in Betrieb und gefunden, dass die Leistung desselben stärker als die eines daselbst arbeitenden zwölfhafigen Ofens gewöhnlicher Art ist. Die Mehrproduction beträgt auf gleichem Brennmaterialienaufwand bezogen über 50 Procent, die Production ist pro Monat 180,000—200,000 Flaschen.[1] Nach Gruner und Dürre gibt der Siemens'sche Wannenofen ca. 7 Procent Nutzeffect, mithin das Doppelte der gewöhnlichen Oefen, und eine um 15—40 Procent grössere Leistung gegenüber den Siemens-Oefen mit Häfen. Dingler's Journal Bd. 220, S. 323.

[1]) Siehe Weiteres nebst specieller Aufzählung constatirter Vortheile des Wannenofens: Compendium der Gasfeuerung von Steinmann S. 70. Von Schinz's Einwürfen (Dingler's Journ. Bd. 176, S. 17, und Bd. 182, S. 216) ist nach Benrath nur die von Ersterem wiederholt tadelnd hervorgehobene Ablagerung von Theer und Russ in den Gascanälen ein notorischer Uebelstand.

Fig. 91—95 zeigen einen continuirlichen Hafen in den verschiedenen Durchschnitten. Auch hier ist A der Schmelz-, B der Läuterungs-, C der Arbeitsraum. Der letztere ist bedeckt. Der

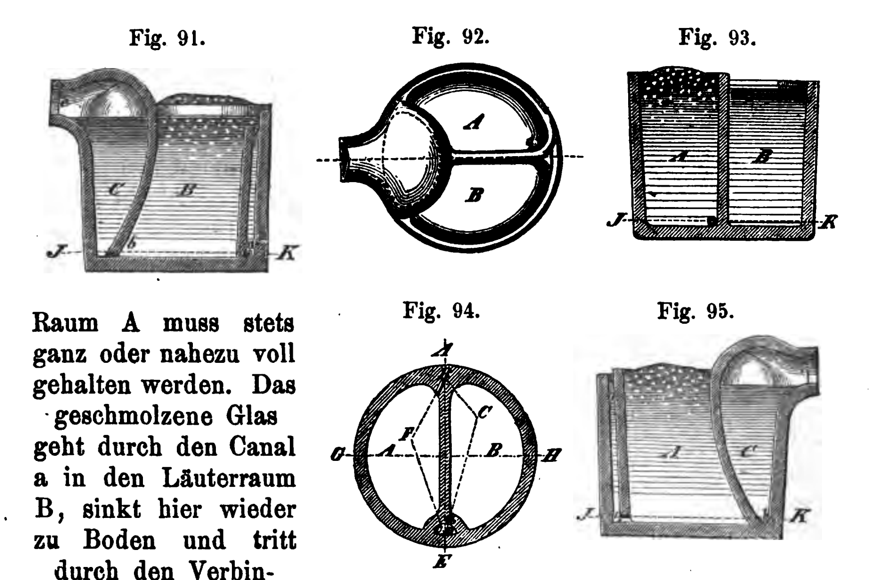


Fig. 91. Fig. 92. Fig. 93. Fig. 94. Fig. 95.

Raum A muss stets ganz oder nahezu voll gehalten werden. Das geschmolzene Glas geht durch den Canal a in den Läuterraum B, sinkt hier wieder zu Boden und tritt durch den Verbindungscanal in den Arbeitsraum C. Die Höhe des Glasspiegels nimmt in Folge des zunehmenden specifischen Gewichtes mit dem vollendeteren Schmelzprocess in den drei Abtheilungen ab.

Uebrigens ist noch zu bemerken, dass in B sich sammelnde, nicht vollständig in Glas übergegangene Bestandtheile von Zeit zu Zeit abgezogen werden müssen.

Weitergehend in der Anwendung der Schmelzwanne mit Heizgas-Feuerung, aber den an dieselbe in mehrfacher Hinsicht besonders hoch gestellten und sich widersprechenden Anforderungen zu entgehen suchend, wird von A. von Borgstede eine bewegliche und von Franz Platenka eine Etagen-Wanne anempfohlen.[1])

Kurz erwähne ich hier noch der den Gebr. Pütsch in Berlin patentirten Glasschmelzöfen ohne Hafen, die sog. Kesselöfen, die (nach der Keramik 1870, Nr. 6) auf dem Glashüttenwerk der Actien-Gesellschaft Norra Surte Actie Bolag zu Surte bei Gothenburg in Schweden und bei L. Neudeck & Comp. zu Corbetha bei Halle a. d. S. Anwendung gefunden.

Die Gebr. Pütsch haben ihren Generator direct mit den Regeneratoren des Schmelzofens in Verbindung gebracht und lassen

[1]) cf. Glashütte 1875, S. 385, und 1876, S. 17.

somit die Generatorgase möglichst heiss in die Regeneratoren eintreten. Nach Benrath arbeiten diese Oefen in recht befriedigender Weise.

Grösse der Häfen. — Im Allgemeinen ist es ökonomischer und auch vortheilhafter hinsichtlich des Brennmaterials eine gegebene Menge Glas in einem einzigen grossen Hafen als in mehreren kleinen zu schmelzen. In Frankreich, Belgien und noch mehr in England arbeitet man mit weit grösseren Häfen als in Deutschland; doch finden auch hier die grösseren Häfen immer mehr Eingang.

Steine zum Baue des Glasofens. — Zu dem Schmelzofen, welcher aus dem Herd, den Bänken, dem Gewölbe, der Umfangsmauer und dem Schornstein besteht, bedient man sich für ersteren mit Ausnahme der heissesten Stellen im Gewölbe, am besten geformter und gebrannter, ausreichend feuerfester Charmottesteine.[1]) Je stärker dieselben bereits durchbrannt sind, desto geringere Schwindung erleiden sie später. Sie werden mit grobem Sande an einander gerieben, damit sie gut zusammen passen und so wenig wie möglich Thonbrei, aus derselben Thonmasse zusammengesetzt, für die Fugen erforderlich sei. Bei der Formung der Gewölbsteine ist darauf Bedacht zu nehmen, dass sie im Feuer an den dickeren Enden mehr schwinden, als an den dünnen. In neuester Zeit benutzt man zum Gewölbebaue immer mehr die Dinassteine, welche hier weit haltbarer als die Thonsteine sind und nach Benrath noch den Vortheil bieten, dass die von ihnen abfallenden Tropfen sich im schmelzenden Glase leichter lösen als die von Thongewölben abfliessenden. An Stelle der Charmottesteine, resp. der Charmotte darin, verwenden ferner nach derselben Quelle manche Hütten neuerdings, wie oben theils gesagt, grobkörnigen, reinen Sand, gebrochenen Sandstein wie auch Quarzitbruchtheile zu Ofensteinen, welche Quarzmaterialien, bekanntlich im Feuer wachsend, dem Schwinden entgegen zu arbeiten vermögen. Empfohlen wird z. B. für Steine zu den heissgehenden Siemens'schen Regenerativ-Gasöfen ein sehr wenig plastisches Gemenge, bestehend aus gleichen Theilen rohem Thon, Hafenscherben und scharf gebranntem Sande, alles in ziemlich fein gemahlenem Zustande, und haben sich derartig zusammengesetzte Steine, gut lufttrocken vermauert, z. B. auf der Dresdner Glasfabrik, gut bewährt.

Zu Banksteinen für die Ofenbank nimmt man häufig gebrochenen, möglichst reinen Sandstein. So empfiehlt Loysel den aus fast reinem Quarz bestehenden Sandstein von Fontainebleau und

---

[1]) Ein älteres Verfahren des Ausstampfens des ganzen Ofens mit Thonmasse hat man als unpraktisch aufgegeben.

ist in Deutschland als recht gut bekannt der Magdeburger, sich zuckerweiss brennende Sandstein.

Feuerfeste Cemente.

Die feuerfesten Cemente haben den Zweck, die beim Aufbauen von Mauern, Gewölben etc. aus feuerfesten Steinen entstehenden Fugen auszufüllen oder dienen zum Verschmieren. Meist werden dazu Thone verwendet, die stark sandhaltig sind und den Sand in feiner, doch zweckdienlich in körniger Form enthalten, so dass ein Schwinden der überhaupt nur wenig bindenden Masse nicht oder nur wenig eintritt.

Es ist nicht zu läugnen, dass im Allgemeinen durch eine nicht selten zu sorglose Darstellung dieser Masse, die damit in Berührung gebrachten feuerfesten Steine in Mitleidenschaft gezogen werden, und eine solche Unachtsamkeit von den nachtheiligsten Folgen werden kann. Sind am besten bei feuerfestem Bau die Fugen so gering als möglich zu lassen, so ist dennoch bei hohen Anforderungen für den Cement ebenso wie für die Steine mit Genauigkeit und rationell zu verfahren. Der Cement ist dem bezüglichen Material anzupassen, d. h. er muss ein ähnliches sein. Bei der erwähnten Bedingung möglichst geringer Schwindung und überhaupt grosser Unveränderlichkeit im Feuer ist derselbe in der Regel aus einer kürzeren Masse anzufertigen, resp. er muss reichlich besten Charmotte- oder reinen Quarzzusatz enthalten. Bei Quarzbeimengung ist, wie gesagt, feinster Staubsand zu vermeiden.

Ferner gibt es noch eigenthümliche Fabrikate, die als feuerfester Cement, namentlich zum Ausbessern von Gasretorten im Handel empfohlen werden. Es ist dieses das Bonner sog. plastische Dinas-Krystall.[1]) Dasselbe enthält über 87 Proc. Kieselsäure und über 7 Proc. eisenhaltige Thonerde und 1 Proc. Kalk. Pyrometrisch kann ein solches Gemenge keine sehr hohe Stellung einnehmen, indess hält sich das b i l d s a m e und u n m i t t e l b a r verwendbare Material in heller Rothglühehitze recht gut und brennt sich, vorher völlig getrocknet, ohne zu schwinden oder zu wachsen.

Dann sind in den Gasfabriken bekannt Sellar's wie der holländische breiartige und kittähnliche Cement. Beide enthalten schon bedeutende Mengen Kalk, sind sowohl für sich weniger schwerschmelzbar und namentlich in Verbindung mit Thonerdematerialien nichts weniger als feuerbeständig. Der holländische Cement ist zugleich nicht wenig gypshaltig.

---

[1]) cf. der Verf. in Dingler's Journ. Bd. 222, S. 345, und Töpfer-Ztg. 1876, Nr. 35.

Schmierthon.

Zum momentanen Ausschmieren von schadhaften Stellen in Oefen, die im Brande sich befinden, wendet man feuerfeste Thone an, die eine plötzliche Erhitzung ohne ab- oder auseinander zu springen vertragen und zudem billig zu haben sind. Mit Vorzug werden dazu die hessischen Thone, so der vom Mönchsberg, von Grossalmerode etc., benutzt.

Ganister.

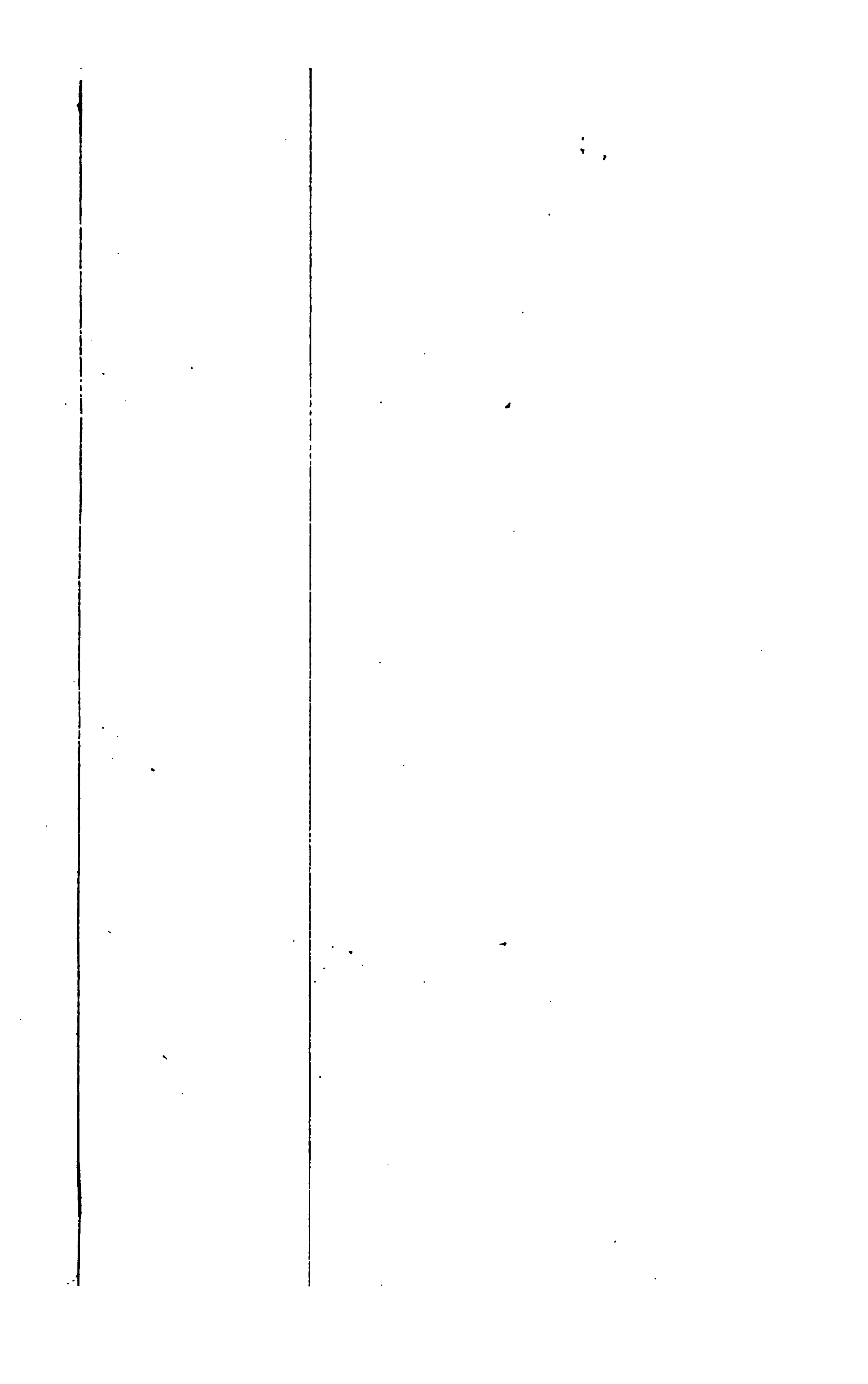
Beim Auskleiden der Bessemerbirnen benutzt man den sog. Ganister, ein in Sheffield unter den Steinkohlenschichten vorkommendes Quarzgestein mit 1—2 Proc. Thonerde und Eisenoxyd. Bei uns wird auch eine solche Masse künstlich zubereitet aus zerstossenem Sandstein etc., dem man eine geringe Menge feuerfesten Thones beimischt.[1])

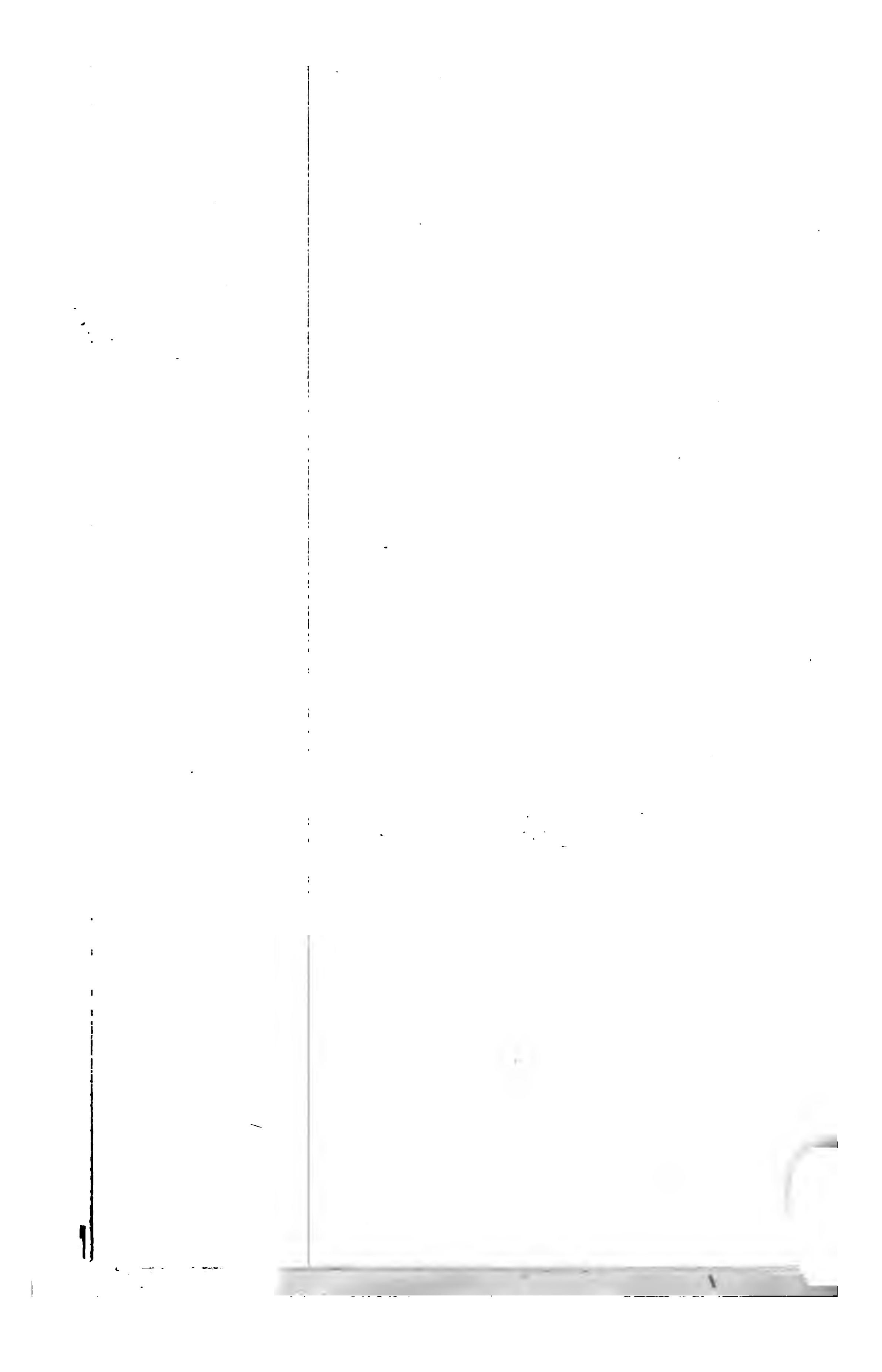
---

[1]) Zum Schluss erbietet sich mit Bezug auf das Vorwort der Verfasser, soweit seine Zeit reicht, auf schriftliche Anfragen, die Praxis betreffend, bereitwillig Antwort zu ertheilen, indem er damit ausdrücklich die Bitte verbindet, sein Bestreben, die feuerfeste Thonindustrie wissenschaftlich und praktisch nach Kräften zu fördern, unterstützen zu wollen.

ALPHABETISCHES REGISTER.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.






DEC 14



Chem 8998.76
Die feuerfesten thone, deren vorkom
Cabot Science 003440831
3 2044 091 956 482